

**Asilo nido "GABBIANO"**

**E0877**

**Piazza Vittorio Consigliere, 7 - Genova**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



**Asilo nido "GABBIANO"**

**E0877**

**Piazza Vittorio Consigliere, 7 - Genova**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/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)

DBA Progetti Spa

SEDE OPERATIVA Viale Felissent 20/D - 31020 Villorba (TV)

SEDE LEGALE: Piazza Roma, 19 - 32045 Santo Stefano di Cadore (BL)

[Tel: 04220318811 – [info@dbagroup.it](mailto:info@dbagroup.it) – [www.dbagroup.it](http://www.dbagroup.it)]

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[0]	12/06/2018	Angelo Le Pera	Francesca Bottega	Alessandro Bertino	Prima Pubblicazione
			Matteo Zanutto		
[1]	26/07/2018	Angelo Le Pera	Francesca Bottega	Alessandro Bertino	Revisione come richiesta dalla PA in data 11/07/2018
			Matteo Zanutto		

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

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

INDICE	PAGINA
<b>REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA.....</b>	<b>I</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMessa .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	6
<b>2 DATI DELL’EDIFICIO.....</b>	<b>7</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO .....	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>11</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	12
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>14</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	24
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>24</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	24
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	24
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	31
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>35</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	35
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>41</b>



7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	41
7.1.1	<i>Vettore termico</i> .....	41
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i> .....	42
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	45
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	45
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	46
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>48</b>
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	48
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	51
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	52
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>54</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	54
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	62
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO .....	68
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2+EEM3</i> .....	70
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+ EEM4:</i> .....	76
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>82</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	82
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	82
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	82
<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>		<b>1</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

Anno di costruzione edificio		1983
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici Scolastici
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.041,44
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.544,90
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3.963,80
Rapporto S/V	[1/m]	0,64
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.390,45
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	526,77
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1.917,22
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	257
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	n.p.
Tipo di combustibile		Gas Metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici + Accumulo termico
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	30,519
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	100.742
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	8.207
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	21.776
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	4.122

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Cappotto Termico
- EEM 2: Sostituzione infissi
- EEM 3: Installazione Caldaia a condensazione e Terموالvole
- EEM 4: Sostituzione apparecchi di illuminazione (integrali)
- SCN 1: EEM3+EEM4
- SCN 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4

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
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
EEM 1	20%	20%	2.409,8	0,0	0,0	106.919,0	26	39	30	-26.008,41	0,008	-0,243		
EEM 2	7%	7%	902,3	0,0	0,0	41.664,8	39	60	30	-21.344,74	-0,019	-0,512		
EEM 3	17%	17%	2.075,3	1.310,53	69,67	20.297	4	4	15	21.605,0	0,20	1,06		
EEM 4	4%	4%	548,6	262,11	0,00	17.612	10	11	8	-4.790,2	-0,06	-0,27		
SCN 1	21,3%	21%	2.623,9	1.572,6	69,7	37.909	7,06	9,94	15	4.867	0,068	0,128	1,189	1,001
SCN 2	43,6%	44%	5.370,1	1.572,6	69,7	79.574	18,49	40,86	25	-25.210	0,0187	-0,1352	0,829	1,046

## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

Figura 0.1 – Scenario 2: analisi finanziaria

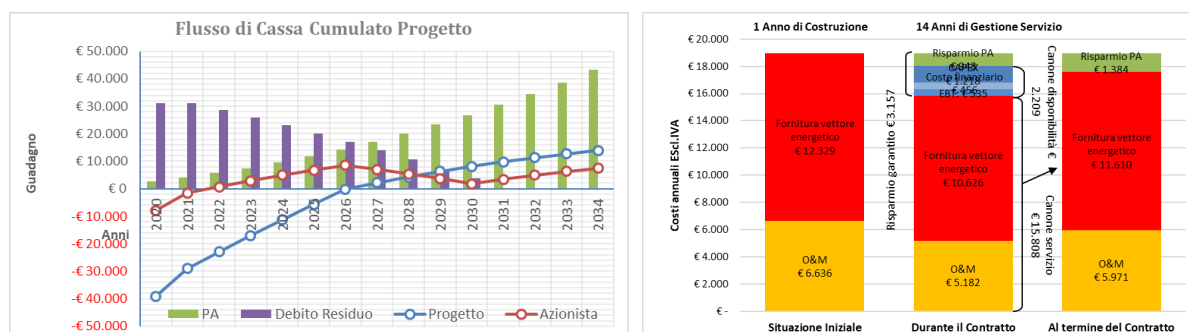
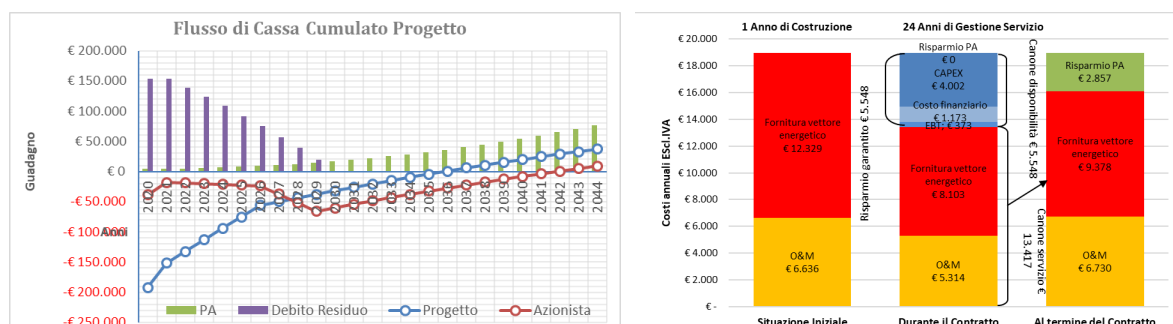


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dalle analisi fatte sull'edificio è emerso che tra gli scenari proposti risulta conveniente solo lo scenario 1 che prevede la sostituzione della caldaia tradizionale con una a condensazione insieme all'installazione dei sistemi di termoregolazione e la sostituzione dei corpi illuminanti con lampade ad alta efficienza.

Il secondo scenario prevede interventi sull'involucro edilizio e in questo caso la classe energetica dell'edificio beneficia di due livelli in più.

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

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

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

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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

Scopo della DE è quindi la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi e tempi di ritorno inferiori 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 DBA Progetti Spa il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Alessandro Bertino 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
Maria Giovanna Passaghe	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati e creazione del modello energetico
Gianluca Loddi	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati diagnosi energetica
Angela Sposato	Impiegato tecnico	Gestione rapporti con committenza, Elaborazione dati diagnosi energetica
Francesca Bottega	Responsabile involucro	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Matteo Zanotto	Responsabile impianti	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Alessandro Bertino	EGE	Supervisione attività e approvazione report di diagnosi energetica

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU alla sezione SEP, Foglio 53 Mapp. 596 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona di Sestri Ponente.

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

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		1983
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici Scolastici
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.041,44
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.544,90
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3.963,80
Rapporto S/V	[1/m]	0,64
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.190,79
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.390,45
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	526,77
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1.917,22

Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	257
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	n.p.
Tipo di combustibile		Gas Metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici + Accumulo termico
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(2)</sup>	[t/anno]	30,519
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(2)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	100.742
Spesa annuale Gas Metano <sup>(2)</sup>	[€/anno]	8.207
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(2)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	21.776
Spesa annuale energia elettrica <sup>(2)</sup>	[€/anno]	4.122

Nota (2): Valori di Baseline

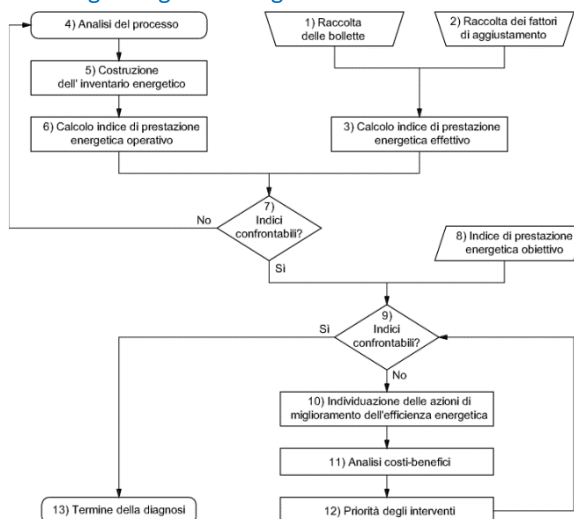
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’ Allegato B – Elaborati;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 01/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo GENOVA – PEGLI (Lat. 44° 25' 56.172"; Long. 8° 49' 28.56") e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</sub>);
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;

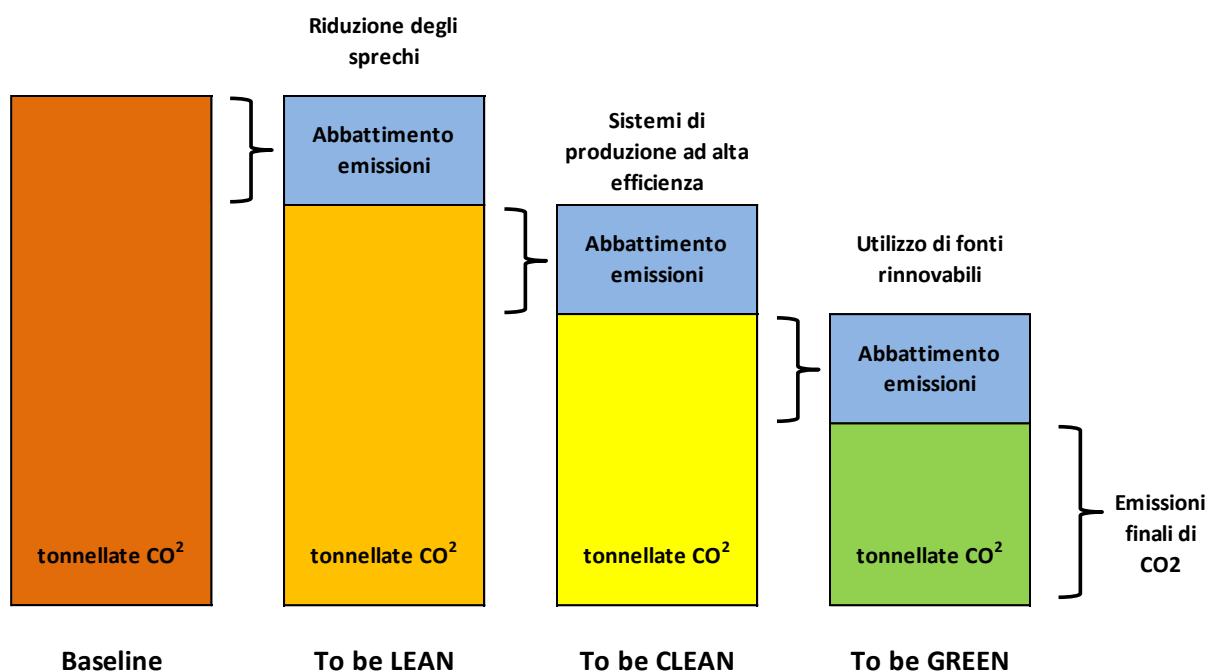
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

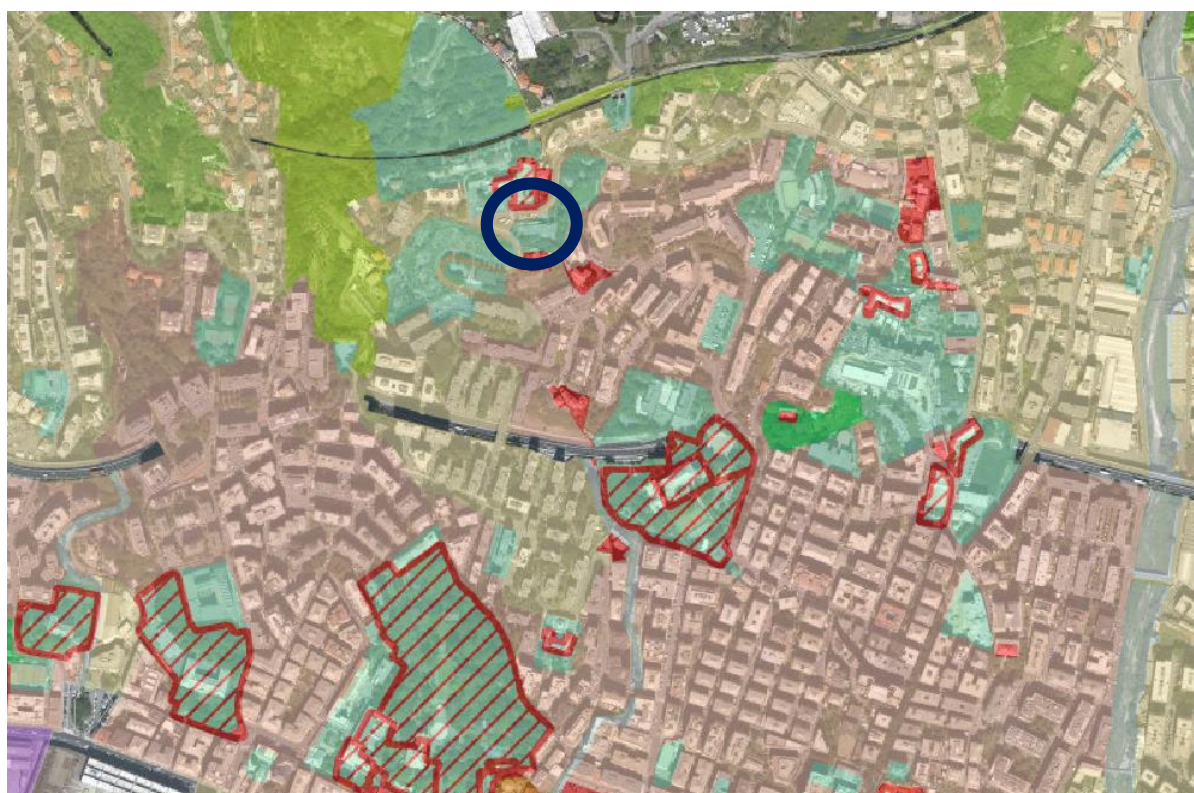
## 2 DATI DELL'EDIFICIO




### 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 F-Servizi, ed in particolare nella sottozona FF, la cui funzione caratterizzante è quella dei servizi pubblici, disciplinata dagli articoli che vanno dall'FF1 all'FF9 riportati nelle Norme di Attuazione di Piano.

La tavola di riferimento è la 26 – “Struttura del Piano – Livello 3”, di seguito riportata.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



SERVIZI PUBBLICI	
	SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici
	SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico
	SIS-S servizi cimiteriali

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

L’edificio ove è ubicato la *Scuola materna statale “Girasole”* risale all’incirca agli anni 80’ per essere adibito ad edificio scolastico, pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d’uso E.7. L’edificio ospita anche la scuola materna “Girandolina”.

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’ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l’efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all’interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 3 piani fuori terra, nei quali si sviluppano i vari ambienti a servizio dell’attività didattica. Al piano terra sono presenti le aule la cucina e il refettorio; al piano primo sono presenti le aule.

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>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(4)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA
Terra	Ingresso, aule, refettorio	[m <sup>2</sup> ]	299,05	218	n.p.
Primo	Aule	[m <sup>2</sup> ]	502,26	360,90	n.p.
Secondo	Aule	[m <sup>2</sup> ]	589,14	462,6	n.p.
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>1.390,45</b>	<b>1.041,44</b>	<b>n.p.</b>

Nota (3): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (4): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

L'edificio oggetto di analisi non risulta essere soggetto a particolari vincoli.

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 (5)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Cappotto termico	Nessun Vincolo		
EEM 2: Sostituzione serramenti	Nessun Vincolo		
EEM 3: Sostituzione caldaia e installazione termovalvole	Nessun Vincolo		
EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti	Nessun Vincolo		

Nota (5): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

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

Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

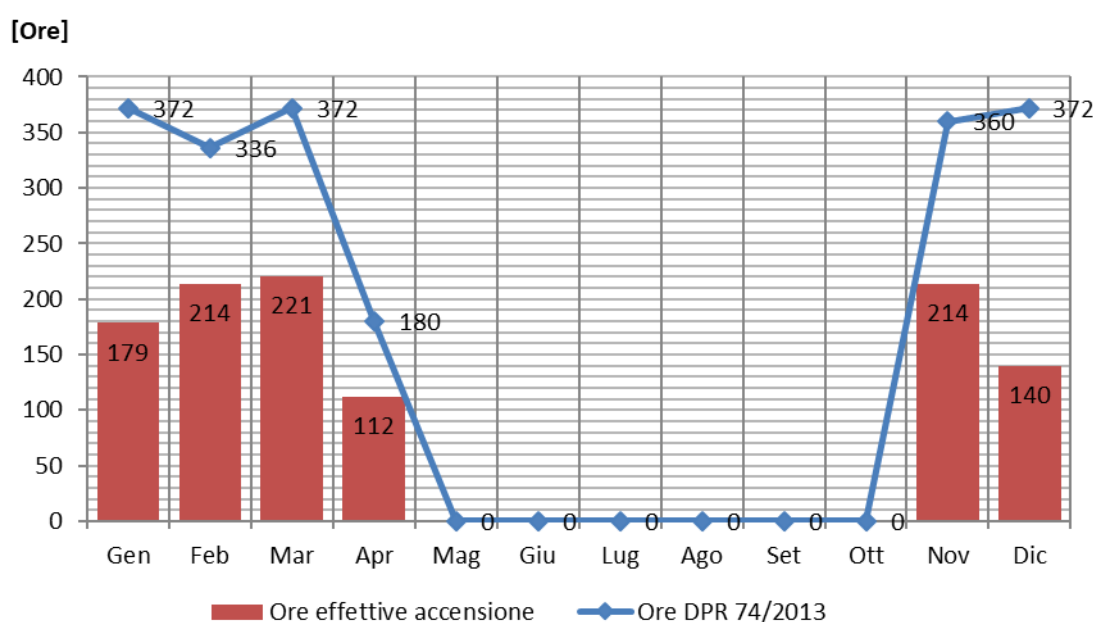


Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell’edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	[dal lunedì al venerdì]	08:00 – 17:00	06.00– 16.30
	[sabato e domenica]	Chiuso (a meno di aperture straordinarie)	spento
dal 1 Settembre al 30 Ottobre e dal 16 Aprile al 15 Luglio	[dal lunedì al venerdì]	08:00 – 17:00	spento

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di espletamento delle lezioni, poiché questi vengono spenti al concludersi delle attività didattiche; nella programmazione degli impianti non è invece considerata la presenza di operatori all’interno della struttura oltre l’orario di lezione per cui gli impianti si spengono prima della totale assenza di persone all’interno del fabbricato.

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.

Ove presenti, all’interno del contratto di Servizio Energia sono stati inseriti la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di climatizzazione estiva.

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 867 GG calcolati su 103 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	20	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	26%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	22%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	54	7%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	0	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	136	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	13	133	12%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>208</b>	<b>103</b>	<b>867</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 – PEGLI (Lat. 44° 25' 56.172"; Long. 8° 49' 28.56")

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è ubicata in una zona limitrofa all’edificio oggetto della DE

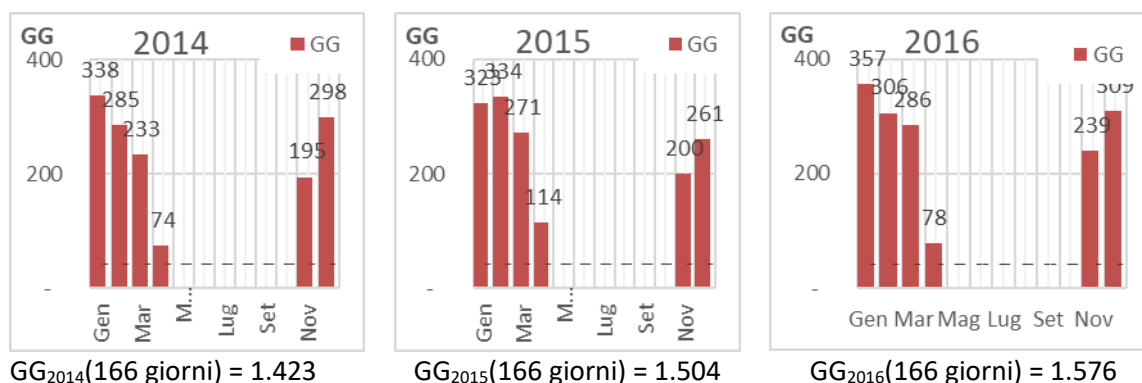
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento, 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 biennio di riferimento

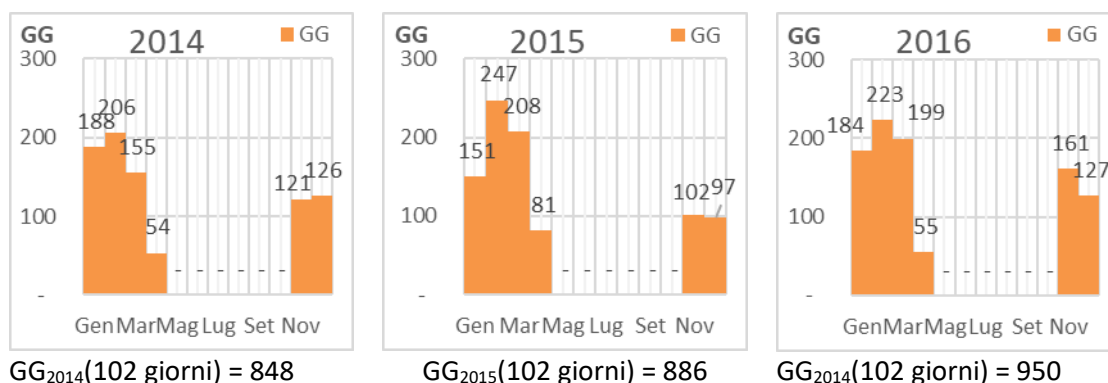


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 858 GG calcolati su 102 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



**Il numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico utilizzati in Tabella 3.2 fanno riferimento alla media dei tre anni oggetto di analisi.**

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG è simile nelle tre annualità analizzate con limitate variazioni, in particolar modo nei primi tre mesi e negli ultimi due mesi dell'anno; dal confronto tra i dati sopra riportati si può notare come tra i GG 2015 e quelli 2016 ci sia una differenza di 64 GG, questo sta ad indicare che l'inverno 2016 è stato maggiormente freddo rispetto a quello del 2015 dove, per gli stessi giorni considerati, si avrebbero 886 GG.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

Di seguito è riportata la descrizione dettagliata delle componenti del sistema edificio-impianto, indicando le caratteristiche termofisiche dei componenti dell’involucro edilizio ed i rendimenti dei vari sottosistemi impiantistici presenti, facendo riferimento alle principali criticità di obsolescenza e manutentive riscontrate in sede di sopralluogo.

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L’involucro edilizio opaco che costituisce l’edificio è sostanzialmente composto da una struttura intelaiata con tamponamenti in laterizio.

Questa soluzione realizzativa incide sul comportamento termico dell’edificio, sono infatti presenti ponti termici tra telaio e tamponamento che comportano maggiori dispersioni di calore. La totale assenza di isolante incrementa il fabbisogno termico della struttura cui corrispondono maggiori consumi di combustibile. Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro esterno del fabbricato



- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di termo camera, facendo attenzione che fossero rispettate le seguenti condizioni:
  - ✓ Condizioni atmosferiche stabili;
  - ✓ Cielo nuvoloso prima e durante la misura (per misure all’aperto);
  - ✓ Assenza di luce solare diretta prima e durante la misura;
  - ✓ Assenza di precipitazioni;
  - ✓ Superficie dell’oggetto di misura asciutta e priva di fonti termiche d’interferenza (es. assenza di fogliame sulla superficie);
  - ✓ Assenza di vento o correnti d’aria;
  - ✓ Assenza di fonti d’interferenza nell’ambiente di misura o nel percorso di trasmissione;
  - ✓ La superficie dell’oggetto di misura è ottimale se ha emissività elevata e nota.
- Rilievo visivo e dimensionale dei componenti con l’individuazione degli spessori dei principali componenti.

Figura 4.2 – Rilievo termografico della parete

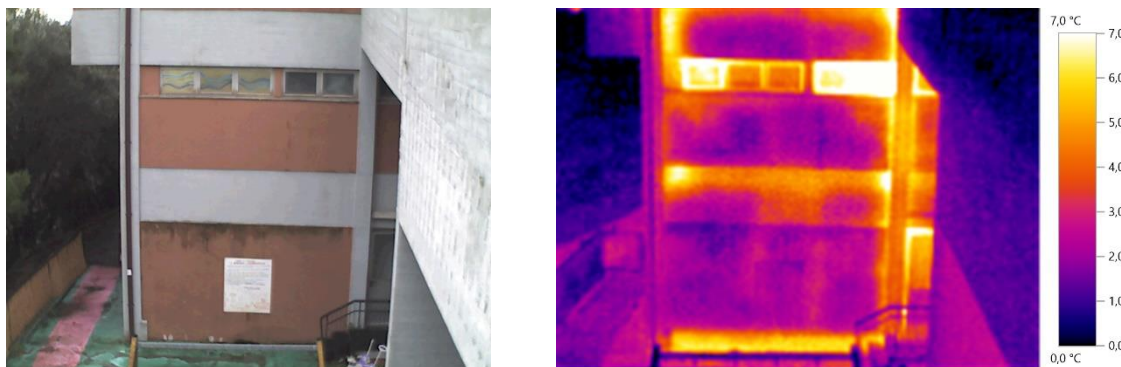
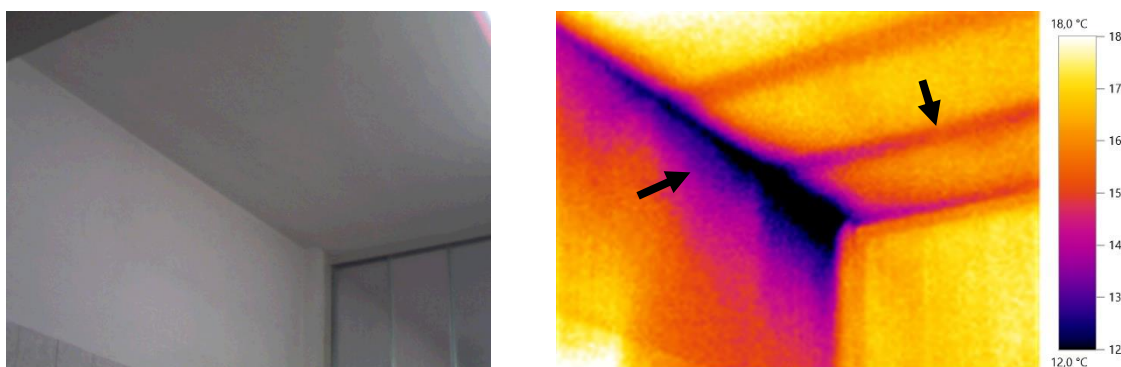


Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete e del solaio dall'interno



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica ed all'Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Le analisi termografiche condotte hanno permesso di identificare le discontinuità di trasmissione termica tra gli elementi opachi di separazione verso l'esterno; si tratta di un'indagine puramente qualitativa finalizzata all'individuazione delle componenti edilizie e di eventuali ponti termici presenti. La definizione delle prestazioni dei pacchetti costruttivi è stata fatta consultando fonti bibliografiche dove, in relazione dell'anno di costruzione del fabbricato e delle dimensioni degli elementi, vengono riportate le principali soluzioni costruttive tipiche del periodo considerato con l'indicazione dei relativi valori di trasmittanza termica; i dati ottenuti sono riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m <sup>2</sup> K]	
Copertura	COP01	34	Assente	1,50	buono
Parete verticale 1	PE 01	30	Assente	2,00	medio
Parete verticale 2	PE 02	35	Assente	3,20	medio
Pavimento controterra	PAV1	54	Assente	1,27	medio

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio non a taglio termico e vetro singolo o doppio vetro smerigliato.

Lo stato di conservazione dei serramenti è medio; le caratteristiche termiche e lo stato conservativo sono causa di elevate dispersioni termiche.

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

- Rilievo termografico;
- Rilievo delle caratteristiche dei vetri per mezzo dello spessivetro;
- Rilievo geometrico/dimensionale.

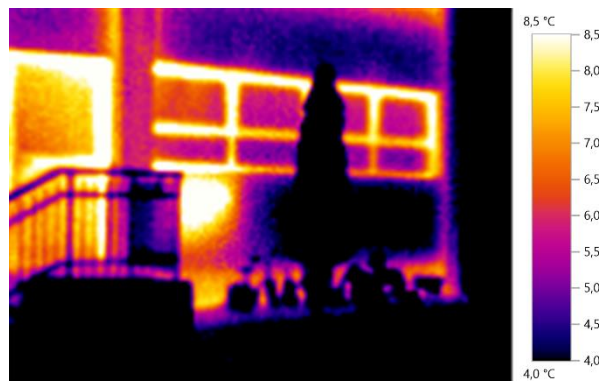
Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il telaio dei serramenti è un punto di grande dispersione dell'involucro dell'edificio;
- Lo spessore esiguo del vetro nei serramenti è causa non solo di maggiori dispersioni termiche ma anche di uno scarso isolamento acustico delle aule.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



Come per l'involucro opaco, non è stato possibile ricavare dalla sola termografia informazioni circa la possibile trasmittanza termica degli elementi vetrati; si sono quindi “ricostruiti” gli elementi rilevati su appositi software di simulazione (EC700) ricavando così i valori di trasmittanza termica per ogni tipologia di serramento individuata in fase di sopralluogo. I risultati sono riportati nella Tabella 4.2 di seguito riportata.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W-01	60x330	Metallo senza T.T.	doppio	4,43	medio
Serramento verticale	W-02	60x90	Metallo senza T.T.	doppio	4,58	medio
Serramento verticale	W-03	60x100	Metallo senza T.T.	doppio	4,60	medio
Serramento verticale	W-04	60x220	Metallo senza T.T.	doppio	4,50	medio

Serramento verticale	W-05	120x220	Metallo senza T.T.	doppio	4,22	medio
Serramento verticale	W-06	120x460	Metallo senza T.T.	Singolo satinato	4,24	medio
Serramento verticale	W-07	220x196	Metallo senza T.T.	singolo	4,22	medio
Serramento verticale	W-08	220x340	Metallo senza T.T.	singolo	4,11	medio
Serramento verticale	W-09	220x340	Metallo senza T.T.	singolo	4,11	medio
Serramento verticale	W-10	115x200	Metallo senza T.T.	singolo	4,33	medio
Serramento verticale	W-11	215x80	Metallo senza T.T.	singolo	4,39	medio

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 una caldaia a basemento installata in centrale termica che va ad alimentare il circuito di distribuzione a servizio dell'asilo nido e della scuola materna oltre che il circuito di alimentazione dell'acqua calda sanitaria.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito principalmente da radiatori di diversa dimensione in relazione alla dimensione e alla destinazione d'uso dell'ambiente servito; i terminali sono per la maggior parte installati su parete esterna.

Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 93,0%.

Figura 4.6 - Particolare installazione radiatori



Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.3.

Tabella 4.3 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati in zona termica 1 (zona prevalente)

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	A parete	14	1,02	≈ 14,28	n.p	n.p
Primo	A parete	22	0,97	≈ 21,48	n.p	n.p
Secondo	A parete	26	0,98	≈ 25,66	n.p	n.p
<b>TOTALE</b>	A parete	48	0,98	47	n.p	n.p



La potenza unitaria dei corpi scaldanti è stata valutata considerando il fabbisogno termico di picco degli ambienti serviti, relazionato al numero di terminali rilevato in fase di sopralluogo.

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell’impianto avviene attraverso l’impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C. La regolazione adottata per la gestione dell’impianto è del tipo climatica+zona con sonda di temperatura esterna e una valvola a 3 vie su ogni circuito di zona.

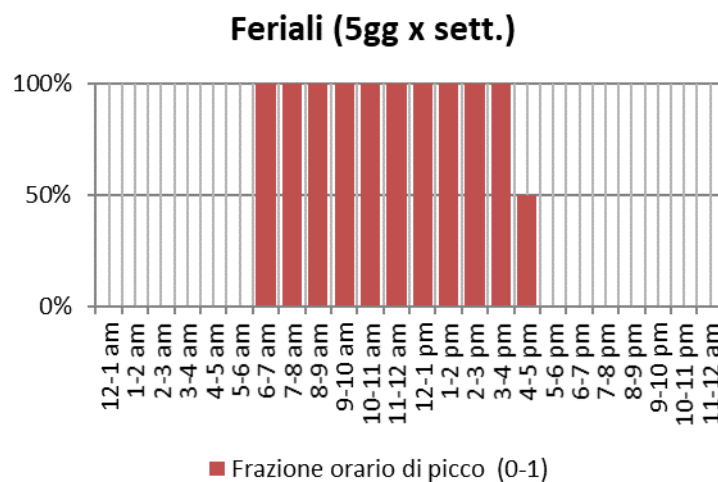
L’architettura dell’impianto di climatizzazione prevede due zone termiche; la regolazione agisce quindi sulla temperatura di mandata dell’acqua dalla caldaia, sulle valvole a 3 vie dei circuiti di zona e sull’attivazione delle pompe gemellari di mandata dell’impianto.

Figura 4.7 - Particolare della pompa di circolazione, valvola a 3 vie e lettura di temperatura



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

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per le due 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 4.4:

Tabella 4.4 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola materna	Climatica+zona	88%
Asilo nido	Climatica+zona	88%

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra le caldaie e il collettore installati nel locale tecnico al piano interrato;
- 2) Circuiti secondari tra il collettore e le utenze;

**Circuito primario:** una pompa anticondensa sul circuito primario, le cui caratteristiche sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(6)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(6)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(6)</sup> [kW]
Caldaia P1	Anticondensa	14	3-25	0,14
<b>TOTALE</b>				

Nota (6): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA <sup>(7)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
	°C	°C
Caldaia	Mandata - Caldo	60°C
	Ritorno - Caldo	55°C

Nota (7): Valori rilevati il giorno 01/12/2017 alle ore 10.30, in orario di lezione, con una temperatura esterna di circa 15°C. Per via della temperatura elevata al momento del sopralluogo nel modello è stato utilizzato un valore di temperatura di mandata più elevato

**Circuito secondario:** sono presenti due zone termiche, ognuna servita da un circuito dedicato dotato di pompa gemellare di circolazione a velocità variabile e funzionamento in parallelo; inoltre è presente un terzo circuito in partenza dal collettore a servizio della produzione di acqua calda sanitaria servito da un pompa di circolazione singola a velocità fissa.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(8)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(8)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(8)</sup> [kW]
Zona asilo nido	P2 mandata acqua calda a radiatori	32	13-130	0,55
Zona scuola	P3 mandata acqua calda a radiatori	32	13-130	0,55
Produzione ACS	P4 mandata acqua calda a scambiatore	11	10-72	0,24
<b>TOTALE</b>				<b>1,34</b>

Nota (8): Valori ricavati da dati di targa



Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE <sup>(5)</sup>	POTENZA TERMICA UTILE <sup>(5)</sup>	RENDIMENTO <sup>(5)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA <sup>(5)</sup>
				[kW]	[kW]		[kW]
G1 Riscaldamento	SILE	P23AR	1996	257	232,6 (60°-70°)	94,8%	0,36 kW

Nota (9): Valori ricavati da dati di targa

Dall’analisi dei fumi il rendimento di combustione è risultato pari al 91% mentre il rendimento da scheda tecnica è pari al 94,8%. Nella DE il rendimento della caldaia è stato assunto pari a 87,26 %. Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari a 82,9<sup>2</sup>%.

La descrizione del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 dell’ Allegato J – Schede di audit.

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

La produzione di acqua calda sanitaria è demandata alla stessa caldaia adibita a riscaldamento, per mezzo di un serbatoio di accumulo da 350 dotato di serpentino di scambio termico; l’acqua calda sanitaria così prodotta serve l’area ad utilizzo del personale e la zona cucina.

Poiché nelle scuole materne non è prevista la produzione di acqua calda sanitaria in alcuni servizi igienici, è stato necessario installare un boiler elettrico integrativo nella zona adibita ad asilo nido che solo in minima parte contribuisce alla fornitura di acqua calda.

Figura 4.12 - Accumulo con serpentino di scambio termico



Figura 4.13 - Boiler elettrico



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

<sup>2</sup> UNI TS 11300-2 2014

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE <sup>3</sup>	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE <sup>3</sup>	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO <sup>3</sup>	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO <sup>3</sup>	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE <sup>3</sup>	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE <sup>3</sup>
100%	92,6%	100%	27,1%	86,5%	18,3%

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 è presente un impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva.

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

Non è presente un impianto di ventilazione meccanica.

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

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono legate principalmente alle attività didattiche svolte all’interno degli ambienti. 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]
Zona termica 1 e 2	Lavastoviglie	1	10000	10000	293,3 (1,4 h/g per 208 gg)
	Lavatrice	1	2000	2000	293,3 (1,4 h/g per 208 gg)
	Stereo	2	150	300	115,8 (0,6 h/g per 208 gg)
	Computer	2	100	200	231,5 (1,1 h/g per 208 gg)
	Monitor	2	75	150	231,5 (1,1 h/g per 208 gg)
	Stampante da tavolo	3	22	66	99,2 (0,5 h/g per 208 gg)
	Stampante multifunzione	1	1656	1.656	231,5 (1,1 h/g per 208 gg)
	Ascensore	1	5.000	5.000	200,7 (1,0 h/g per 208 gg)
	Montacarichi	1	1.000	1.000	220,5 (1,1 h/g per 208 gg)
	Ventilatori	12	840	10.080	21,9 (0,4 h/g per 50 gg)
	Distributori automatici	1	600	600	8760 (24 h/g per 365 gg)
	Frigorifero	1	600	600	8760 (24 h/g per 365 gg)

<sup>3</sup> UNI TS 11300-2 2014

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Misure di assorbimento elettrico sulle principali linee di alimentazione dei carichi;
- Rilievo dei dati di targa delle utenze installate

La realizzazione delle suddette indagini ha portato a concludere che i principali carichi elettrici del fabbricato sono imputabili al solo impianto di illuminazione poiché durante l'arco della giornata i carichi misurati sono rimasti pressoché costanti.

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 prettamente costituito da lampade fluorescenti e a led di diversa taglia, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

- Il sistema di gestione dell'impianto di illuminazione è di tipo manuale, con accensione e spegnimento dei corpi illuminanti del tipo on/off e nessuna suddivisione delle accensioni all'interno degli ambienti.

Figura 4.14 - 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

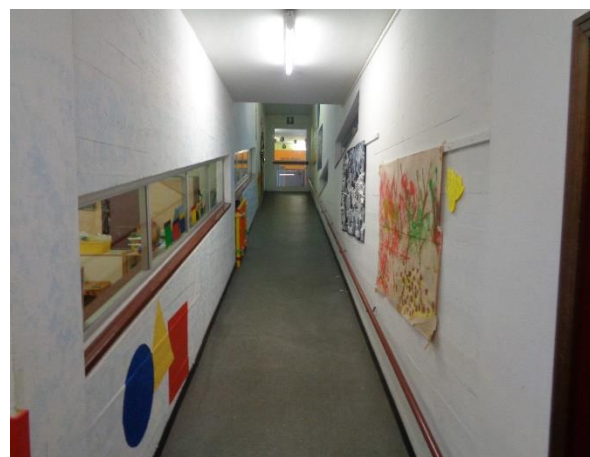
ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona termica 1 e 2	Fluorescenti 2x18	9	36	162
	Fluorescenti 1X36	8	36	288
	Fluorescenti 2X36	68	72	4.896
	Fluorescenti 1X18	15	18	270
	Led 1x18	38	18	684
	Led 1x8	8	8	64

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

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti a led 1x18 locale Disimpegno



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoi



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

Non sono presenti impianti di produzione di energia elettrica o cogenerazione.

### 5 CONSUMI RILEVATI

#### 5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA

L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento al biennio 2015 e 2016 per quanto riguarda il profilo termico. Il 2014 non è stato preso in considerazione in quanto l'impianto era alimentato da un combustibile differente. E' stato invece considerato il consumo storico per l'intero triennio per il calcolo della baseline del consumo elettrico.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

##### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano.

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

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

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

Nota (10) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano per la climatizzazione invernale avviene tramite la presenza di un contatore a servizio appunto della caldaia a gas destinata alla climatizzazione invernale del fabbricato. E' presente un altro contatore a servizio della cucina.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base dei m<sup>3</sup> di gas rilevati dalla società di distribuzione nel biennio 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	2015	2016	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]
016220050522192	Riscaldamento	11.850	10.724	111.627	101.020
03270004224342	Uso cottura	1.065	1.780	16.768	813

I consumi relativi al PDR 03270004224342 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-E0877rev.09), dal confronto sono emerse le seguenti differenze:

- i dati delle fatture 2015 sono superiori a quelli del file kyotoBaseline-E0877 del 29,35%
- i dati delle fatture 2016 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0877 del 76,94%

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

I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3. I consumi mensili di energia termica per il biennio di riferimento sono stati ricavati utilizzando i fattori di utilizzazione mensile ricavati dal modello energetico.

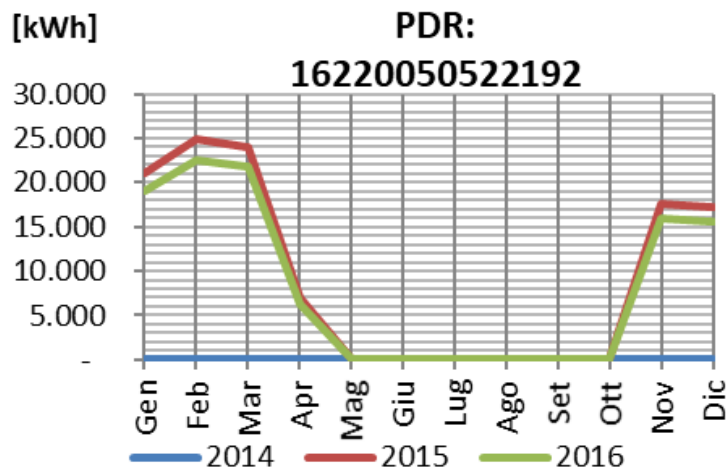
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento

PDR: 016220050522192	2015	2016	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.230	2.018	21.010	19.014
Febbraio	2.640	2.389	24.868	22.505
Marzo	2.554	2.312	24.062	21.775
Aprile	741	671	6.982	6.319
Maggio	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-
Novembre	1.862	1.685	17.539	15.872
Dicembre	1.822	1.649	17.165	15.534
<b>Totale</b>	<b>11.850</b>	<b>10.724</b>	<b>111.627</b>	<b>101.020</b>

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



Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

Per effettuare tale processo di normalizzazione si sono utilizzati i GG reali del biennio 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; i consumi relativi all’acqua calda sanitaria sono stati calcolati considerando il numero di utenti ed il relativo fabbisogno di ACS (così come definiti dalla UNI TS 11300-2) cui si sono associati profili di richiesta conformi all’effettiva occupazione ed utilizzo del fabbricato

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. [Tale contributo non è stato valutato in quanto non sono presenti utilizzi differenti rispetto alla climatizzazione invernale, pertanto non concorre nel calcolo della baseline dei consumi energetici]

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sup>REAI</sup> SU 102 GIORNI	GG <sup>RIF</sup> SU 102 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A 867 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2015	886,00	867,00	11.198,25	105.487,52	119,06	103.225,37	6.139,49	-
2016	950,00	867,00	10.134,18	95.463,98	100,49	87.123,44	5.556,10	-
<b>Media</b>	<b>894,67</b>	<b>867,00</b>	<b>10.666,22</b>	<b>100.475,75</b>	<b>109,77</b>	<b>95.174,40</b>	<b>5.847,79</b>	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, nelle due annualità analizzate, è risultato essere omogeneo con un lieve aumento dei consumi nel 2016 dovuto alle condizioni ambientali esterne maggiormente severe rispetto al 2015 (950 GG contro gli 886 GG dell’anno prima).

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]
$\bar{Q}_{ACS}$	5.847,79
$\bar{Q}_{ALTRO}$	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	94.893,76
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>100.741,55</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un unico contatore a servizio di tutto il fabbricato.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00096316	Asilo nido Gabbiano	21.675	22.331	21.322	21.776

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-E0877rev.09), dal confronto sono emerse le seguenti differenze:

- i dati delle fatture 2014 sono pari a quelli del file kyotoBaseline-E0877;
- i dati delle fatture 2015 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0877 del 9,27%
- i dati delle fatture 2016 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0761 del 15,38%

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

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

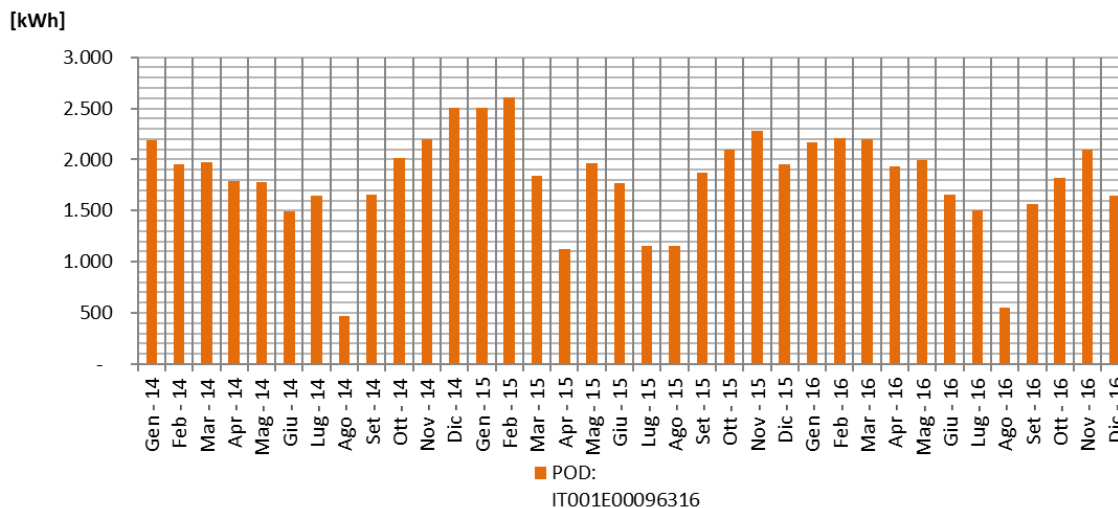
Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 21.776.

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

POD: IT001E00096316	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.452	283	458	2.193
Feb - 14	1.365	254	334	1.953
Mar - 14	1.357	268	348	1.973
Apr - 14	1.161	246	384	1.791
Mag - 14	1.096	278	403	1.777
Giu - 14	837	253	406	1.496
Lug - 14	1.056	254	335	1.645
Ago - 14	173	103	193	469
Set - 14	1.035	265	357	1.657
Ott - 14	1.268	321	424	2.013
Nov - 14	1.384	317	499	2.200
Dic - 14	1.349	401	758	2.508
<b>Totale</b>	<b>13.533</b>	<b>3.243</b>	<b>4.899</b>	<b>21.675</b>
POD: IT001E00096316	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.349	401	758	2.508
Feb - 15	1.439	450	720	2.609
Mar - 15	1.113	288	441	1.842
Apr - 15	739	168	218	1.125
Mag - 15	1.193	289	480	1.962
Giu - 15	1.060	275	429	1.764
Lug - 15	620	202	337	1.159
Ago - 15	620	202	337	1.159
Set - 15	1.082	295	499	1.876
Ott - 15	1.403	320	375	2.098
Nov - 15	1.526	330	424	2.280
Dic - 15	1.179	258	512	1.949
<b>Totale</b>	<b>13.323</b>	<b>3.478</b>	<b>5.530</b>	<b>22.331</b>
POD: IT001E00096316	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.329	300	534	2.163
Feb - 16	1.503	294	414	2.211
Mar - 16	1.442	311	443	2.196
Apr - 16	1.219	295	416	1.930
Mag - 16	1.295	294	402	1.991
Giu - 16	1.022	248	389	1.659
Lug - 16	923	234	344	1.501
Ago - 16	218	111	219	548

Set - 16	1.031	218	314	1.563
Ott - 16	1.188	249	380	1.817
Nov - 16	1.410	293	392	2.095
Dic - 16	1.002	242	404	1.648
<b>Totale</b>	<b>13.582</b>	<b>3.089</b>	<b>4.651</b>	<b>21.322</b>

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



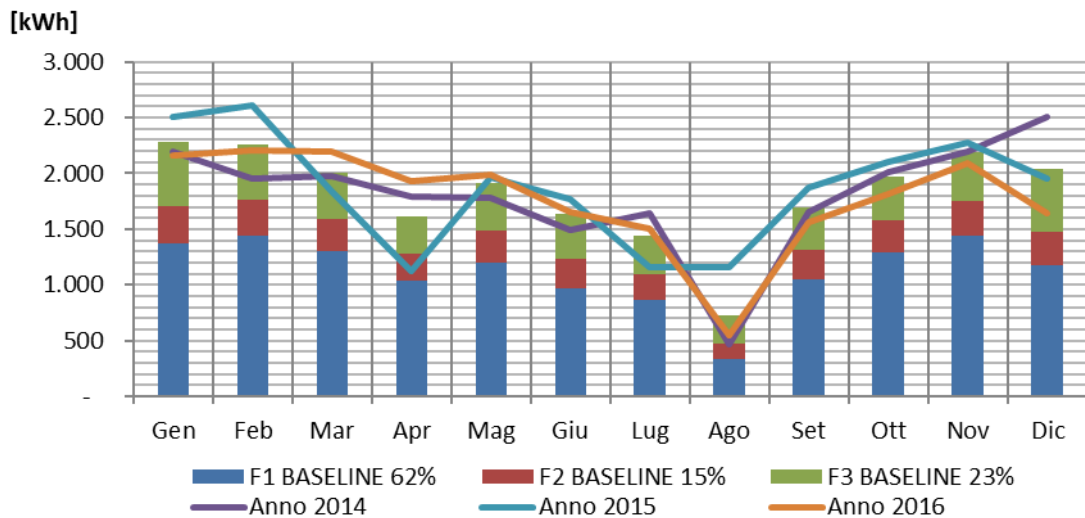
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.377	328	583	2.288
Feb	1.436	333	489	2.258
Mar	1.304	289	411	2.004
Apr	1.040	236	339	1.615
Mag	1.195	287	428	1.910
Giu	973	259	408	1.640
Lug	866	230	339	1.435
Ago	337	139	250	725
Set	1.049	259	390	1.699
Ott	1.286	297	393	1.976
Nov	1.440	313	438	2.192
Dic	1.177	300	558	2.035
<b>Totale</b>	<b>13.479</b>	<b>3.270</b>	<b>5.027</b>	<b>21.776</b>

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

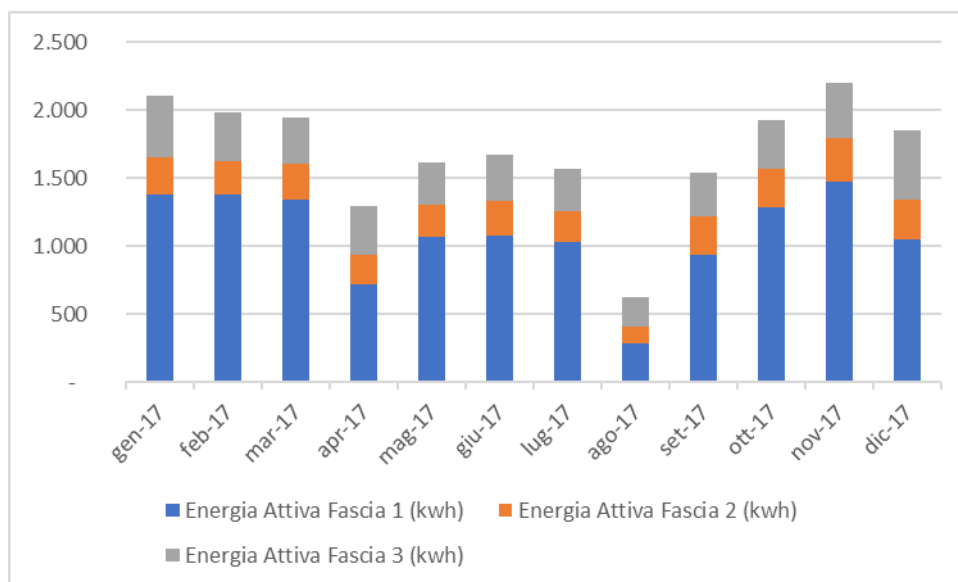
Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti simili, con lievi scostamenti tra le annualità analizzate.

Per il sito non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non erano disponibili le informazioni fornite dalla società di distribuzione dell’energia elettrica in quanto è presente un contatore con potenza inferiore a 55 kW. È presente una base costante di circa 700 kWh costituita dai consumi dei distributori automatici e della centrale di allarme che hanno un funzionamento continuo durante l’anno. Di seguito è riportato l’andamento mensile dei consumi relativa al 2017 ottenuto dalle letture reali registrate dalla società di distribuzione.

Figura 5.4 Profili mensili elettrici reali 2017



I dati relativi alle letture reali nel 2017 confermano gli andamenti riportati in Figura 5.3

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

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

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

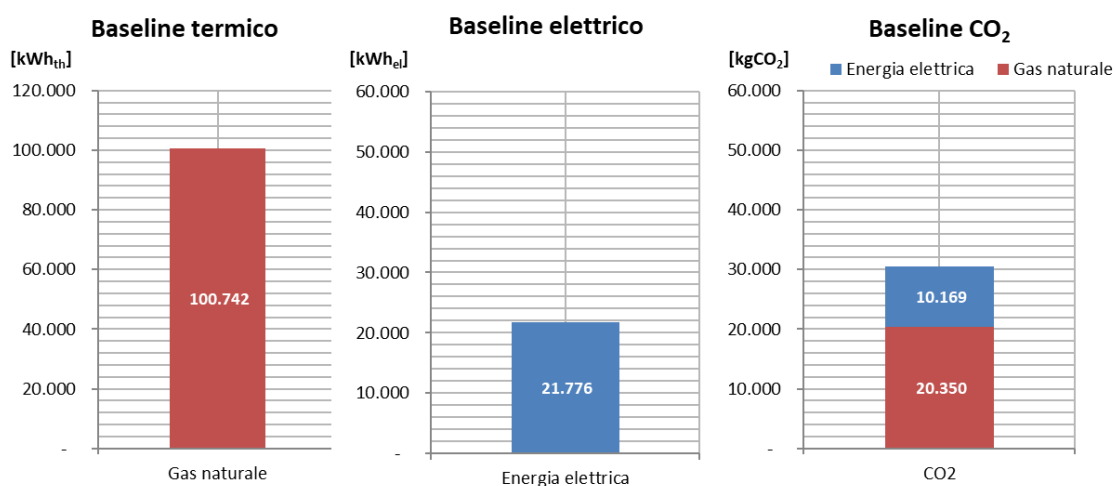
\* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. e nella Figura 5.5

Tabella 5.10 – 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> ]
Gas naturale	100.742	0,202	20.350
Energia elettrica	21.776	0,467	10.169

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.



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

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

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.041,44	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.390	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	4.171	m <sup>3</sup>

Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

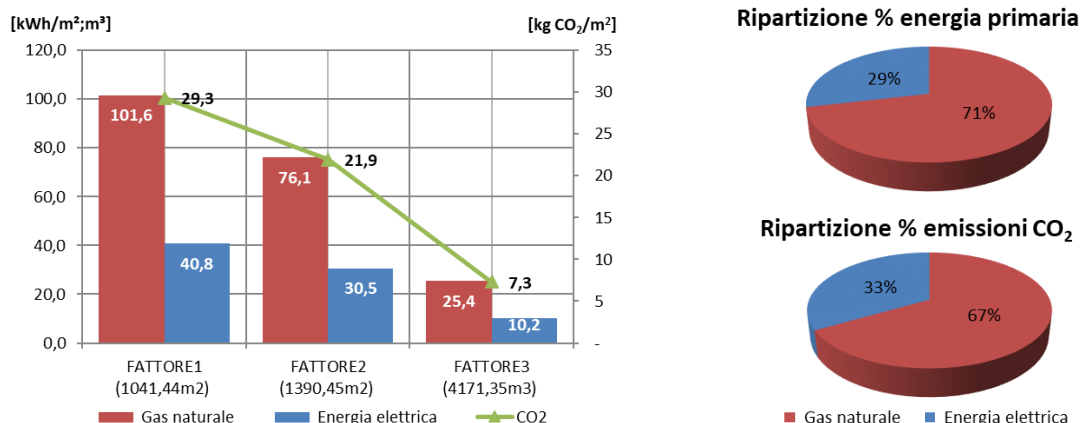
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	100.742	1,05	105.779	101,6	76,1	25,4	19,54	14,64	4,88
Energia elettrica	21.776	2,42	52.698	50,6	37,9	12,6	9,76	7,31	2,44
<b>TOTALE</b>			<b>158.477</b>	<b>152</b>	<b>114</b>	<b>38</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>7</b>

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	100.742	1,05	105.779	101,6	76,1	25,4	19,54	14,64	4,88
Energia elettrica	21.776	1,95	42.463	40,8	30,5	10,2	9,76	7,31	2,44
<b>TOTALE</b>			<b>148.242</b>	<b>142</b>	<b>107</b>	<b>36</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>7</b>

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	6,79	18,89	19,02	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	15,59	16,06	15,33

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, da cui è risultato che la scuola oggetto di analisi presenta, nel triennio considerato, dei livelli sufficienti rispetto ai benchmark di consumo termico e dei livelli sufficienti rispetto ai benchmark di consumo elettrico.



Il confronto tra i benchmark della scuola oggetto di studio e quelli identificati dall'ENEA sono meglio esplicitati 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 <sub>gl,nren</sub>	kWh/mq anno	262,66	255,55
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	225,64	224,35
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	7,81	7,66
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno		
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno		
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	20,07	16,17
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	9,15	7,37
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	50	50

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
	[m <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	23.801	235.867,91
Energia Elettrica		28.146

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(11)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(11)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (11) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando i gradi giorno invernali effettivi, per i quali è richiesto il funzionamento dell’impianto ed i profili di funzionamento degli impianti di illuminazione così come rilevato in fase di sopralluogo.

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	123,47	119,52
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	98,74	98,53
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	6,38	6,2
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno		
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno		

Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	15,51	12,49
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	2,84	2,29
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	24	24

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	10.860	102.301,2
Energia Elettrica		21.529

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]	[%]
102.305	100.742	2 %

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
21.529	21.776	1 %

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

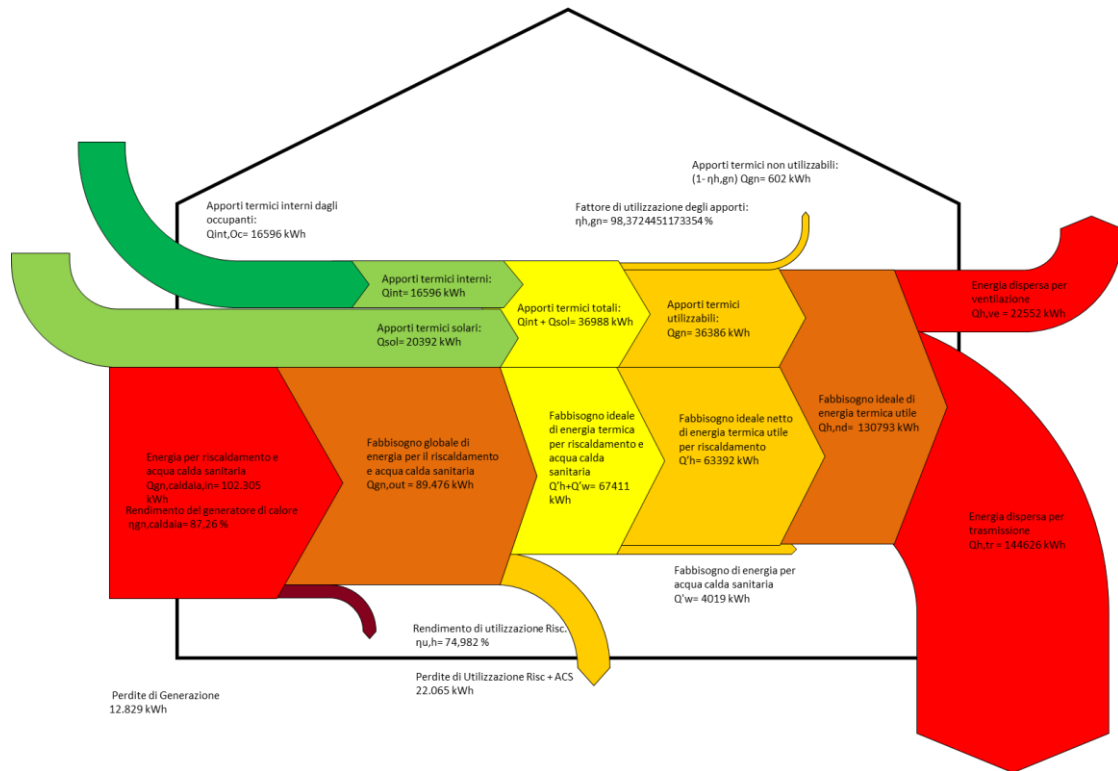
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

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

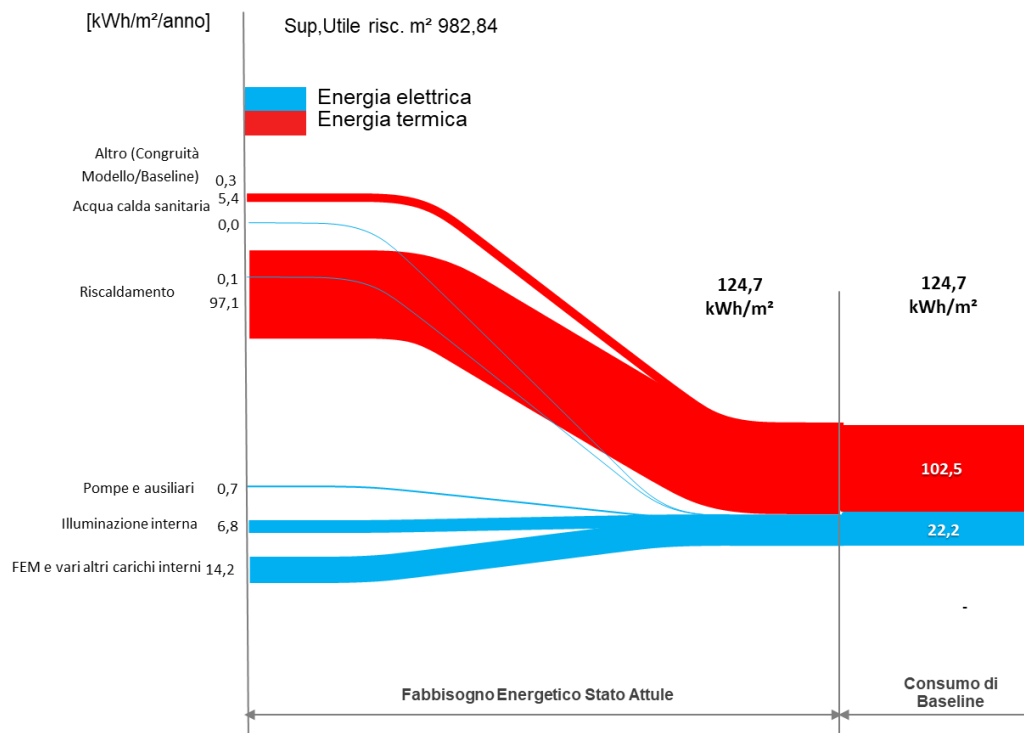


Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che il fabbisogno termico dell’edificio è imputabile al solo funzionamento del generatore di calore a servizio dell’impianto di riscaldamento.

Non sono stati considerati gli apporti interni delle apparecchiature presenti in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.

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

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



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

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

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

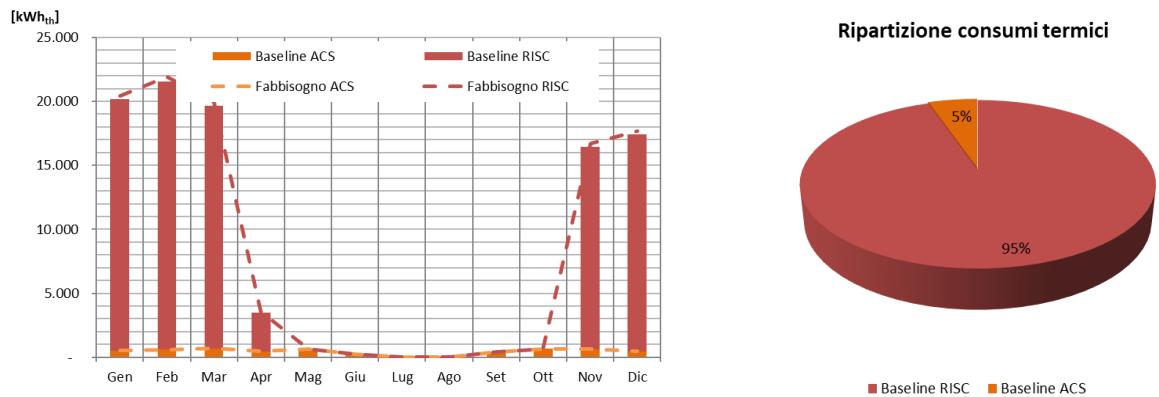
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



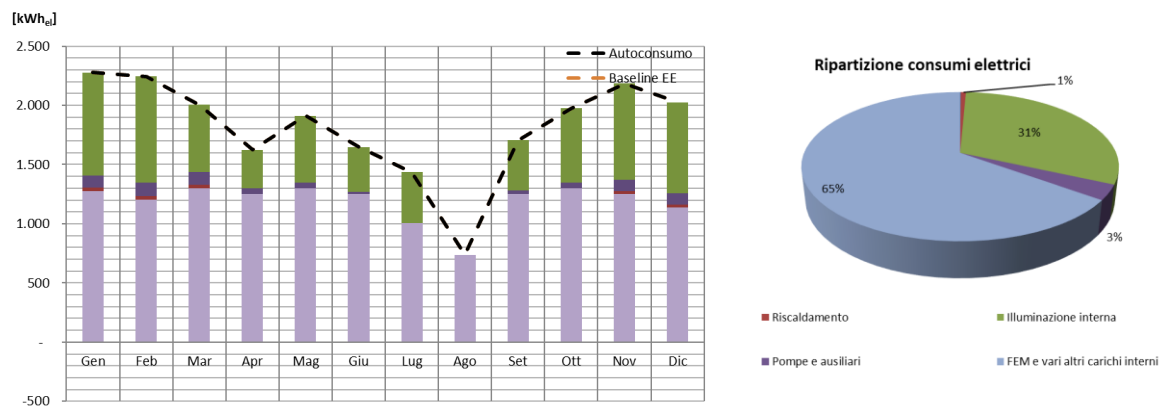
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi alla climatizzazione invernale dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i fattori che condizionano il fabbisogno termico dell'edificio.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi alla forza elettromotrice, mentre è minimo il contributo relativo agli ausiliari dell'impianto di climatizzazione.

## 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 2015 – 2016 per il gas e gli anni 2014-2015-2016 per l'energia elettrica.

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un unico PDR presente all'interno dell'edificio, di seguito specificato:

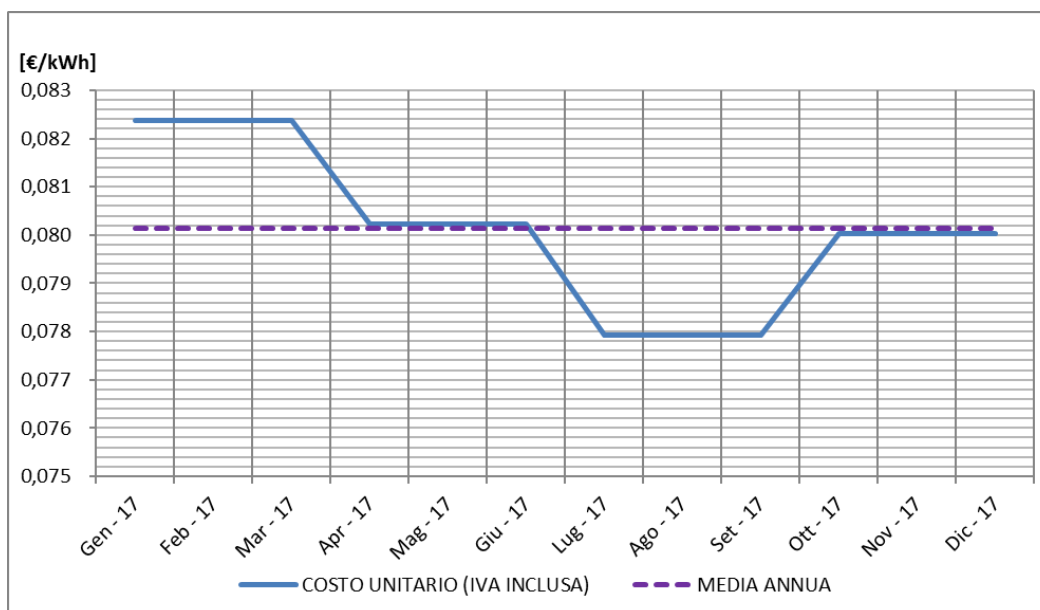
PDR – 16220050522192: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA .

Sono stati rilevati consumi di metano differenti da quelli imputabili alla climatizzazione (PDR 03270004224342), e relativi al servizio mensa della scuola. Questi consumi non sono stati considerati nella presente analisi.

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

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

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





### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico POD a servizio dell’edificio, come di seguito riportato:

- POD 1 – IT001E00096316: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E’ stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00096316	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Gala	IREN Mercato
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	05/2016
Fine periodo fornitura	03/2015	03/2016	Oggi
Potenza elettrica impegnata			
Potenza elettrica disponibile (kW)	33 kW	33 kW	33 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	Forniture in BT
Opzione tariffaria <sup>(12)</sup>	contatore a fasce	contatore a fasce	contatore a fasce
Prezzi del fornitura dell’energia elettrica <sup>(13)</sup> (IVA ESCLUSA)	0,075 €/kWh	0,059 €/kWh	0,068 €/kWh

Nota (12) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (13): 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 elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

POD: IT001E00096 316	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	169	28	270	27	109	604	2.193	0,275
Feb – 14	152	25	251	24	100	553	1.953	0,283
Mar – 14	153	26	253	25	100	557	1.973	0,282
Apr – 14	138	31	240	22	95	526	1.791	0,294
Mag – 14	135	31	235	22	93	516	1.777	0,290
Giu – 14	112	26	215	19	82	453	1.496	0,303
Lug – 14	123	28	237	21	90	499	1.645	0,303
Ago – 14	34	8	135	6	40	221	469	0,472
Set – 14	126	26	232	21	89	494	1.657	0,298
Ott – 14	152	30	264	25	104	575	2.013	0,286
Nov – 14	164	32	284	28	112	619	2.200	0,281

## E0877 – Asilo nido “Gabbiano”

Dic – 14	178	37	314	31	123	683	2.508	0,272
<b>Totale</b>	<b>1.637</b>	<b>328</b>	<b>2.928</b>	<b>271</b>	<b>1.136</b>	<b>6.300</b>	<b>21.675</b>	<b>0,291</b>
POD: IT001E00096 316	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	172	33	306	31	54	595	2.508	0,237
Feb – 15	171	34	315	33	55	609	2.609	0,233
Mar – 15	176	37	331	35	58	638	1.842	0,346
Apr – 15	65	35	87	14	20	222	1.125	0,197
Mag – 15	112	95	186	25	42	459	1.962	0,234
Giu – 15	82	35	114	18	25	275	1.764	0,156
Lug – 15	95	97	61	14	27	294	1.159	0,254
Ago – 15	95	97	59	14	27	292	1.159	0,252
Set – 15	96	184	91	23	39	434	1.876	0,231
Ott – 15	96	184	92	26	40	438	2.098	0,209
Nov – 15	96	205	99	29	43	471	2.280	0,206
Dic – 15	36	159	84	24	30	333	1.949	0,171
<b>Totale</b>	<b>1.291</b>	<b>1.196</b>	<b>1.826</b>	<b>287</b>	<b>460</b>	<b>5.060</b>	<b>22.331</b>	<b>0,227</b>
POD: IT001E00096 316	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	148	47	171	27	39	432	2.163	0,200
Feb – 16	122	50	176	28	38	413	2.211	0,187
Mar – 16	114	50	174	27	37	402	2.196	0,183
Apr – 16	115	112	145	24	40	437	1.930	0,226
Mag – 16	119	116	150	25	41	451	1.991	0,226
Giu – 16	99	97	125	21	34	375	1.659	0,226
Lug – 16	109	95	114	19	34	370	1.501	0,247
Ago – 16	35	85	49	7	18	193	548	0,353
Set – 16	125	86	117	20	35	383	1.563	0,245
Ott – 16	146	99	136	23	40	444	1.817	0,245
Nov – 16	168	115	157	27	47	513	2.095	0,245
Dic – 16	132	90	124	41	39	425	1.648	0,258
<b>Totale</b>	<b>1.431</b>	<b>1.041</b>	<b>1.639</b>	<b>288</b>	<b>440</b>	<b>4.838</b>	<b>21.322</b>	<b>0,227</b>

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

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

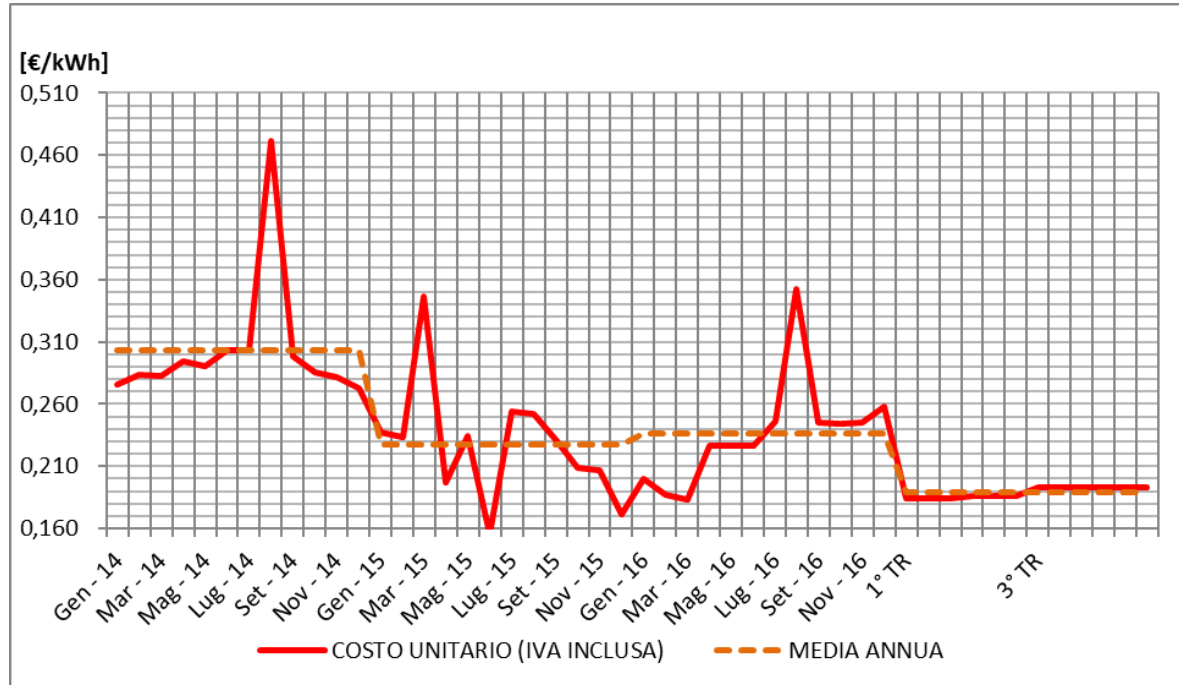
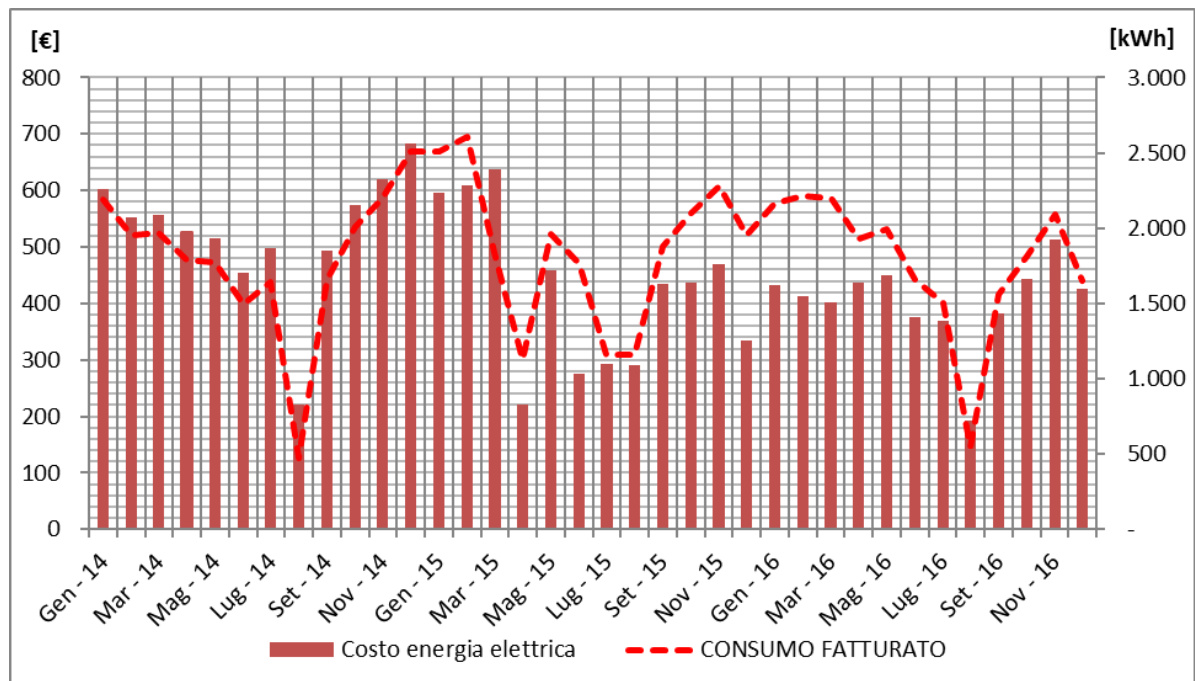


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è omogeneo tra le tre annualità considerate.

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

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

Nella Tabella 7.3 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-			21.675	6.300	0,291	nd
2015	111.627	nd	n.d.	22.331	5.060	0,227	nd
2016	101.020	nd	n.d.	21.322	4.838	0,227	nd
2017	-		0,082			0,189	

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.4.

Tabella 7.4 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>Q</sub>	0,082 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UE</sub>	0,189 [€/kWh]

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

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

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa all'impianto **L1-042-069: 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.

Nel caso di impianti su cui è attivo il Servizio A all'interno del vigente contratto SIE3, i costi di manutenzione C<sub>M</sub> sono stimati come segue:

$$✓ C_M = C_{SIE3} - C_Q;$$

dove con C<sub>Q</sub> si sono indicati i costi relativi alla fornitura energetica e con C<sub>M</sub> i costi manutentivi, ripartiti a loro volta in una quota ordinaria (C<sub>MO</sub>) e in una quota straordinaria (C<sub>MS</sub>) 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 7.5.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM <sub>o</sub> 6.634	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub> 5.241	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

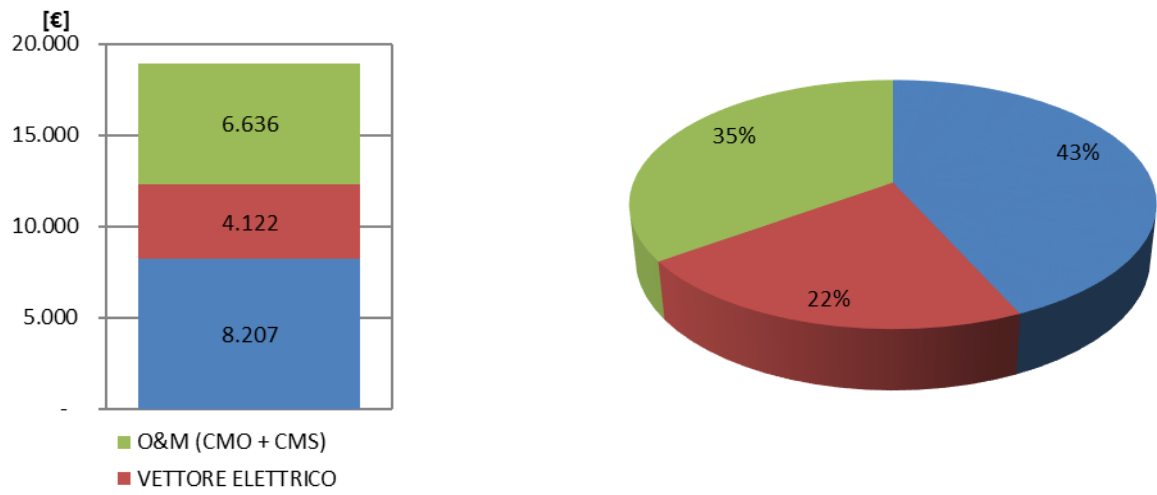
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C<sub>E</sub> pari a 12.329 € e un C<sub>baseline</sub> pari a € 18.965

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )		TOTALE
Q <sub>baseline</sub>	Cu <sub>Q</sub>	C <sub>Q</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Cu <sub>EE</sub>	C <sub>EE</sub>	C <sub>M</sub>	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	CQ+CEE+CM
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
100.725	0,082	8.209	21.776	0,189	4.122	6.634	5.241	1.393	18.965

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

Descrizione, fattibilità e prestazioni dei singoli interventi migliorativi. Gli interventi di efficientamento definiti per l'edificio oggetto di analisi sono stati individuati prendendo in considerazione due principali fattori: l'incidenza che gli interventi avrebbero sul bilancio energetico globale del fabbricato ed il costo a questi associato.

Non è stata presa in considerazione la realizzazione di interventi di efficientamento dell'impianto di produzione di ACS poiché l'incidenza sul totale dei consumi è risultata essere limitata.

### 8.1.1 Involucro edilizio

#### EEM1: Isolamento a cappotto della muratura esterna

##### Generalità

La misura proposta prevede la realizzazione di un sistema di isolamento a cappotto della muratura esterna, così da limitare le dispersioni di calore verso l'esterno del fabbricato limitando al massimo i ponti termici della struttura.

Figura 8.1 - Particolare muratura esterna



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

Se il pannello viene posizionato all'esterno secondo il “sistema a cappotto” i ponti termici possono essere eliminati e con essi la formazione di condensa, muffe e macchie. I muri svolgono la funzione di volano termico, accumulando calore e cedendolo lentamente, riducendo quindi le ore di funzionamento dell'impianto di riscaldamento e migliorando l'inerzia termica anche nelle stagioni più calde e soleggiate. Inoltre limitando le dilatazioni termiche, si riducono i movimenti interstrutturali degli edifici evitando così il generarsi di fessurazioni.

I materiali maggiormente utilizzati per questa tipologia di installazione sono polistirene, poliuretani e lane di roccia sotto forma di pannelli rigidi di vario spessore, in funzione del livello di trasmittanza termica che si vuole raggiungere.

##### Descrizione dei lavori

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza; è poi necessario selezionare un collante idoneo per isolamento termico a cappotto, questo si applicherà 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.

Durante la posa i pannelli isolanti devono essere posati a “mattoncino”, sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre (<5mm) 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 in EPS(10cm). Durante la posa del cappotto termico i tasselli vanno invece applicati immediatamente in caso di pannelli in EPS con aggiunta di grafite o pannelli in fibra di legno.

Dopo un periodo di tre, dieci giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante cui, una volta asciutto, seguirà l'applicazione del primer.

Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%. La posa del cappotto termico si conclude infine con l'applicazione di accessori dedicati quali il nastro autoespandente, il profilo per davanzale, giunti di dilatazione.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

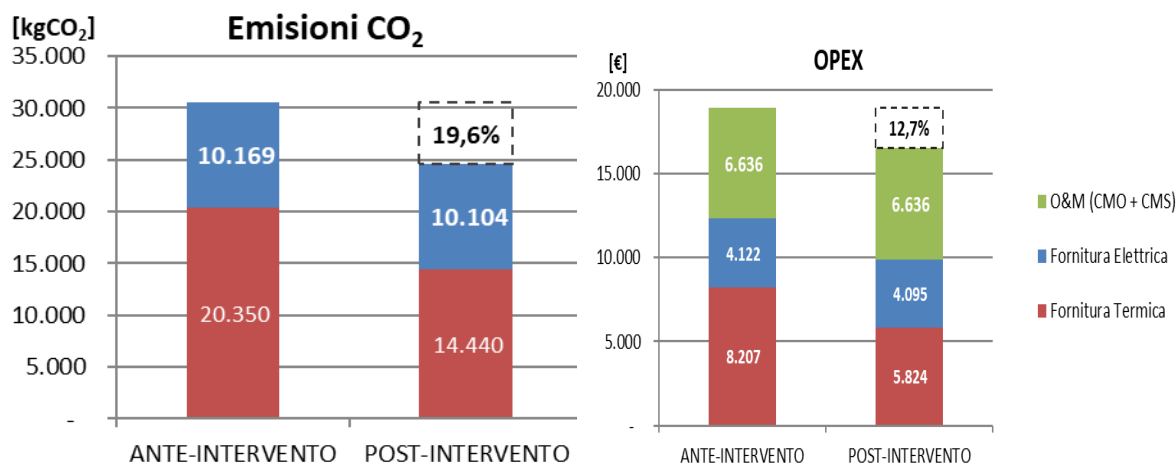
Tabella 8.1 - Risultati analisi EEM1 - Cappotto Termico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza parete verticale]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,9	0,221	<b>88,4%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	102.305	72.596	<b>29,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	21.529	21.391	<b>0,6%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	100.742	71.486	<b>29,0%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	21.776	21.636	<b>0,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	20.350	14.440	<b>29,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.169	10.104	<b>0,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.519</b>	<b>24.544</b>	<b>19,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.207	5.824	<b>29,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.122	4.095	<b>0,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.329</b>	<b>9.919</b>	<b>19,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.242	5.242	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.393	1.393	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.636</b>	<b>6.636</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>18.965</b>	<b>16.555</b>	<b>12,7%</b>
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classi

Nota (14) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,189 [€/kWh] per il vettore elettrico

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





## EEM2: Sostituzione Serramenti

### Generalità

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione dei serramenti, ormai obsoleti, rilevati in fase di sopralluogo.

Si propone la rimozione dei serramenti vetro singolo e telaio in alluminio e legno con elementi in PVC con vetrocamera e telaio a taglio termico. Le prestazioni termiche del componente saranno rispondenti a quanto previsto dalla normativa vigente per le nuove costruzioni, così che l'intervento possa anche beneficiare del contributo del Conto Termico.

Figura 8.3 – Particolare dei serramenti esistenti



### Descrizione dei lavori

Rimozione infissi in alluminio per la successiva posa in opera di serramenti in PVC.

La rimozione degli infissi esistenti avviene manualmente, attraverso il sollevamento degli stessi verso l'alto ed il loro spostamento all'interno dell'ambiente. Viene rimossa poi la ferramenta esistente (cerniere, maniglie) con l'ausilio di attrezzature elettriche portatili (avvitatori elettrici). Vengono quindi ripuliti i telai fissi in legno da eventuali chiodi, vecchie pitture e stuccature con attrezzature manuali ed elettriche portatili e, a copertura degli stessi, vengono posti in opera manualmente mediante sigillatura siliconica gli imbotti di PVC. I telai mobili, analogamente alla struttura fissa, vengono sollevati ed alloggiati in opera nelle relative cerniere con utensili manuali. Si posiziona quindi il vetro che viene movimentato a mano ed infilato nell'apposito alloggiamento, parte integrante dell'infisso, bloccato tramite staffetta fermavetro e sigillato internamente tramite silicone.

### Prestazioni raggiungibili

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

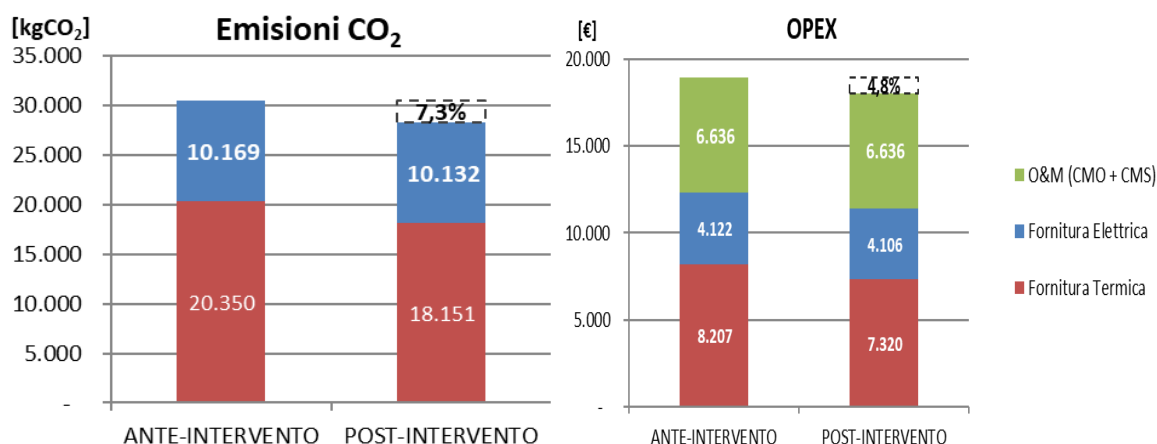
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Trasmittanza serramenti]	[W/m <sup>2</sup> K]	4	1,2	<b>70,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	102.305	91.249	<b>10,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	21.529	21.449	<b>0,4%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	100.742	89.854	<b>10,8%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	21.776	21.695	<b>0,4%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	20.350	18.151	<b>10,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.169	10.132	<b>0,4%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.519</b>	<b>28.282</b>	<b>7,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.207	7.320	<b>10,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.122	4.106	<b>0,4%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.329</b>	<b>11.427</b>	<b>7,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.242	5.242	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.393	1.393	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.636</b>	<b>6.636</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>18.965</b>	<b>18.062</b>	<b>4,8%</b>
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classi

Nota (15) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,189 [€/kWh] per il vettore elettrico

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 generatore di calore ed installazione Termovalvole**

##### **Generalità**

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione del generatore di calore che, seppur in buono stato manutentivo risulta essere ormai obsoleto; si prevede contestualmente l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio che consentirà una gestione energeticamente più efficiente dell'impianto.

L'intervento ha la finalità di rendere maggiormente confortevoli gli ambienti interni del fabbricato, dando la possibilità agli occupanti di definire il livello di temperatura interna desiderato evitando così situazioni di sovrariscaldamento o di scarso comfort termico che spesso si è rilevato durante le attività di sopralluogo.

##### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione termovalvole

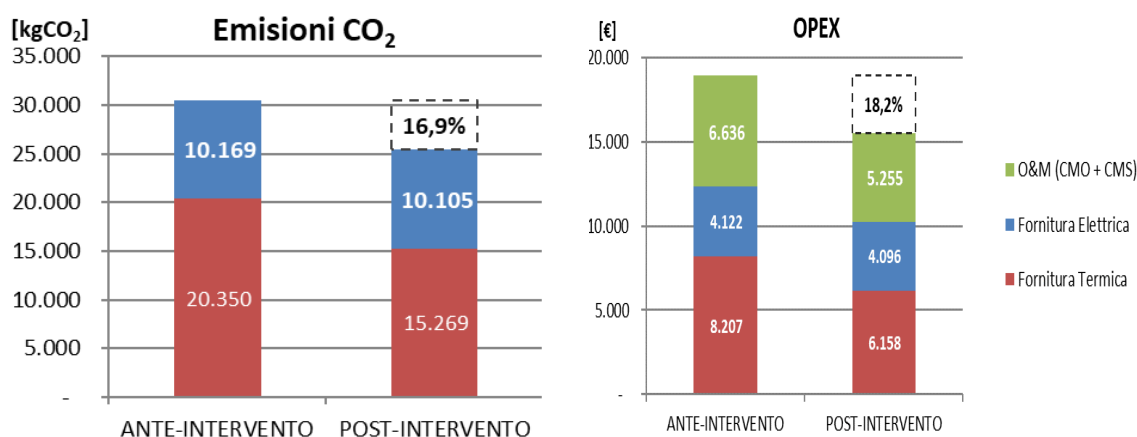
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Rendimento di regolazione]	[%]	96	99	<b>+3,1%</b>
EEM3 [Rendimento generatore di calore]	[%]	87	104	<b>+19,5 %</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	102.305	76.761	<b>25,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	21.529	21.393	<b>0,6%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	100.742	75.588	<b>25,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	21.776	21.638	<b>0,6%</b>
Emiss. CO <sub>2</sub> Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	20.350	15.269	<b>25,0%</b>
Emiss. CO <sub>2</sub> Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.169	10.105	<b>0,6%</b>
<b>Emiss. CO<sub>2</sub> TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.519</b>	<b>25.374</b>	<b>16,9%</b>

Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.207	6.158	<b>25,0<sup>4</sup>%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.122	4.096	<b>0,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.329</b>	<b>10.254</b>	<b>16,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.242	3.932	<b>25,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.393	1.324	<b>5,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.636</b>	<b>5.255</b>	<b>20,8%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>18.965</b>	<b>15.509</b>	<b>18,2%</b>
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,189 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.5 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM4: Sostituzione Corpi illuminanti

##### Generalità

Durante le attività di sopralluogo svolte sono stati rilevati tutti i corpi di illuminazione presenti nell'edificio, per la quasi totalità di tipo fluorescente. Si propone dunque la sostituzione degli elementi con profili di utilizzo prolungati con soluzioni a LED, così da limitare il consumo di energia elettrica del fabbricato.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento riguarda in particolare le aule e gli spazi comuni dell'edificio, come atri e corridoi, caratterizzati da profili di accensione degli apparecchi più prolungati rispetto ad altre zone funzionali, dove si prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza; una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente.

<sup>4</sup> Oltre ai risparmi riconducibili alla riduzione del consumo energetico è stata considerata una riduzione relativa ai costi manutentivi ad ora sostenuti dalla PA, questo perché la gestione autonoma, da parte degli occupanti, delle condizioni di comfort interno riduce l'intervento straordinario della ditta manutentiva per cambiare le condizioni di settaggio dell'impianto.

Durante il sopralluogo si è infatti rilevata una disomogeneità delle condizioni termiche che porta a condizioni di discomfort in parte dei locali della scuola.

È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l’illuminazione in termini di comfort. Allo stato attuale verrà proposta una sostituzione 1:1 degli elementi presenti.

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti

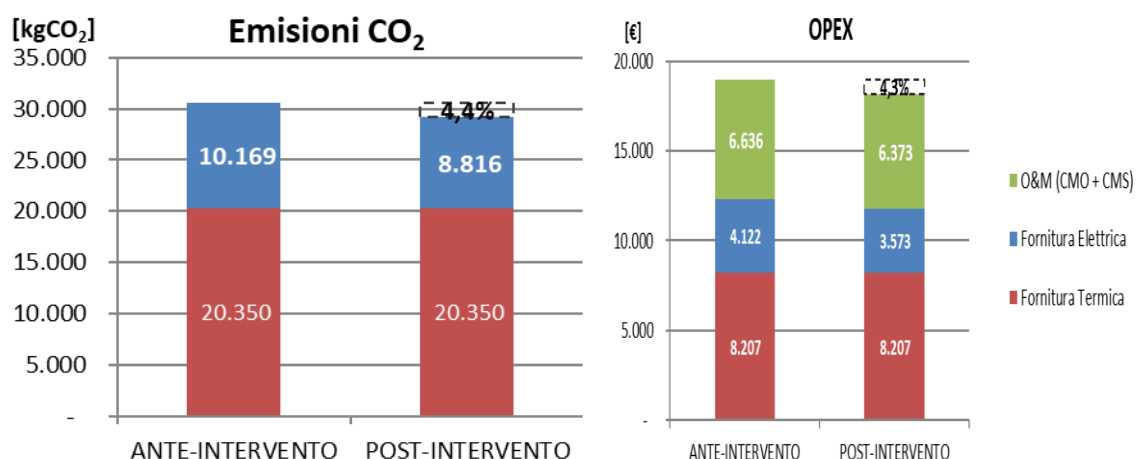
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 [Potenza corpi illuminanti]	[W]	72	36	<b>50,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	102.305	102.305	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	21.529	18.663	<b>13,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	100.742	100.742	<b>0,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	21.776	18.877	<b>13,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	20.350	20.350	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.169	8.816	<b>13,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.519</b>	<b>29.166</b>	<b>4,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.207	8.207	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.122	3.573	<b>13,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.329</b>	<b>11.780</b>	<b>4,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.242	4.980	<b>5,0<sup>5</sup>%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.393	1.393	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.636</b>	<b>6.373</b>	<b>4,0%</b>
OPEX	[€]	<b>18.965</b>	<b>18.154</b>	<b>4,3%</b>
Classe energetica	[-]	F	F	+ 0 classi

Nota (17) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,090 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico

<sup>5</sup> Oltre alla riduzione dei consumi energetici si è considerata una riduzione dei costi legati alla manutenzione ordinaria, questo perché la vita utile dei corpi illuminanti LED è più elevata rispetto a quella delle lampade fluorescenti, per cui la loro sostituzione avverrà meno frequentemente

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



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### **EEM1: Cappotto Termico**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM1, che consiste nella realizzazione dell'isolamento delle pareti esterne mediante il sistema a cappotto termico.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera a) i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.1– Analisi dei costi della EEM2 – sistema a cappotto termico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
PR.A17.D01.010 Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	10.706,50	m2cm	3,49	3,17	33.968,80	22%	41.441,9
25.A44.A30.010 Solo posa di isolamento termico-acustico superfici verticali eseguito con pannelli isolanti di spessore fino a cm 10, compreso il fissaggio con chiodi di materiale plastico e la sigillatura dei giunti con nastro adesivo plastificato.	Prezzario Regione Liguria	764,75	mq	14,25	12,95	9.906,99	22%	12.086,5
PR.A02.A20.600 Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico	Prezzario Regione Liguria	764,75	kg	0,82	0,74	570,09	22%	695,5

	idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.								
PR.A02.A25.010	Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	823,00	kg	0,49	0,44	366,61	22%	447,3
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	764,75	m2	14,28	12,98	9.927,85	22%	12.112,0
25.A05.E10.015	Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	764,75	m2	7,26	6,6	5.047,35	22%	6.157,8
25.A54.A30.010	Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	764,75	m2	4,81	4,37	3.344,04	22%	4.079,7
25.A54.B40.010	Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	764,75	m2	23,79	21,62	16.539,46	22%	20.178,1
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			2.390,14	22%	2.916,0
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			5.576,98	22%	6.803,9
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>87.638,30</b>	<b>22%</b>	<b>106.918,7</b>
	<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>30.590,0</b>
	<b>Durata incentivi</b>								<b>5,0</b>

Incentivo annuo

6.118,0

Il contributo dato dall’incentivo “Conto Termico” è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell’intervento cumulato per l’intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un’unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall’incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l’intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie oggetto dell’intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **765 mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **139,81 €**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell’intervento supera il valore  $C_{max}$  il calcolo dell’incentivo è stato effettuato con il valore  $C_{max}$  riportato in tabella per l’intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% <sub>spesa</sub> )	Costo massimo ammissibile (C <sub>max</sub> )	Valore massimo dell'incentivo (I <sub>max</sub> ) [€]
i. Strutture opache orizzontali <sup>13</sup> : <b>isolamento coperture</b>			(i+ii+iii) ≤ 400.000
Esterno	40 (*) (**)	200 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m <sup>2</sup>	
ii. Strutture opache orizzontali: <b>isolamento pavimenti</b>			
Esterno	40 (*) (**)	120 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
iii. Strutture opache verticali: <b>isolamento pareti perimetrali</b>			
Esterno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m <sup>2</sup>	
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m <sup>2</sup>	

### EEM2: Sostituzione serramenti

Nella Tabella 9.2 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione dei serramenti esistenti.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
25.A05.F10.020	Prezziario Regione Liguria	123,1	m2	30,11	27,37	3.368,49	22%	4.109,6
Rimozione senza recupero di serramenti, in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare, per misurazione minima 2 m <sup>2</sup>								

205071d	Serramento realizzato con profili estrusi di pvc prodotti secondo la norma DIN 7748, esenti da cadmio, autoestinguenti, classe 1 di reazione al fuoco, a 5 camere rinforzati con profili in acciaio zincato spessore 15/10, guarnizioni in TPE coestruse e saldate negli angoli, completo di controtelaio, esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e vetrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210: vetrocamera 33.1-16-33.1 bassoemissivo con gas argon, Uw = 1,2 W/mqK, Ug = 1,1 W/mqK, Uf = 1,2 W/mqK, Rw = 35 dB: portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 mq)	Prezziario DEI <sup>(18)</sup>	46	cad	520,00	472,73	21.745,45	22%	26.529,5
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	44,4	m	7,59	6,90	306,17	22%	373,5
25.A15.C10.020	Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	18,459	m3	11,77	10,70	197,51	22%	241,0
25.A80.A30.010	Solo posa in opera di finestra o portafinestrain alluminio, PVC, legno, acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio.	Prezziario Regione Liguria	123,06	mq	48,53	44,12	5.429,18	22%	6.623,6



Costi per la sicurezza	-	3%	%	931,40	22%	1.136,3
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	2.173,28	22%	2.651,4
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>				<b>34.151,49</b>	<b>22%</b>	<b>41.664,8</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>					<b>16.665,9</b>
<b>Durata incentivi</b>						<b>5,0</b>
<b>Incentivo annuo</b>						<b>3.333,2</b>

Nota (18) E' stato preso in considerazione il valore presente nel Prezziario DEI anziché la voce presente nel Prezziario Regione Liguria in quanto il valore di trasmittanza del componente, presente nel suddetto listino, risulta superiore al valore necessario al fine di accedere all'incentivo del Conto Termico.

### EEM3: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

Nella Figura 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella installazione di termovalvole sui radiatori esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, intervento 1 (intervento 1.C - Art. 4, comma 1, lettera c).

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
PR.C76.B10.015	Prezziario Regione Liguria	1	cad	10.151,6	9.228,8	9.228,8	22%	11.259,1
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 200 Kw circa								
PR.C84.C05.515	Prezziario Regione Liguria	1	cad	232,8	211,6	211,6	22%	258,2
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 250 mm								
40.C10.B10.120	Prezziario Regione Liguria	1	cad	392,8	357,1	357,1	22%	435,6
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla								

	caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw								
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	15	cad	21,1	19,2	288,1	22%	351,5
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	28,5	25,9	25,9	22%	31,6
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	120,6	109,6	109,6	22%	133,8
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	29,7	27,0	27,0	22%	33,0
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	146,7	133,4	133,4	22%	162,7
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	76,5	69,5	69,5	22%	84,8
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	34,4	31,3	469,2	22%	572,5
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	31,9	29,0	1.159,3	22%	1.414,3
20.A15.B10.015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	4,7	4,3	429,1	22%	523,5
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	62	cad	35,4	32,2	1.996,4	22%	2.435,6
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione	Prezzario Regione Liguria	1	cad	22,7	20,6	20,6	22%	25,2

4,5KA bipolare fino a 32  
A - 230 V

RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	21	h	31,9	29,0	599,0	22%	730,7	
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			453,7	22%	553,6	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.058,7	22%	1.291,6	
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>16.637,0</b>	<b>22%</b>	<b>20.297,2</b>	
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>							<b>8.118,9</b>	
<b>Durata incentivi</b>									<b>5,0</b>	
<b>Incentivo annuo</b>									<b>1.623,8</b>	

Il contributo dato dall’incentivo “Conto Termico” è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot P_{n\ int}$$

Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell’intervento cumulato per l’intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un’unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall’incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l’intervento (tabella 5 del Decreto)
- $P_{n\ int}$ : somma delle potenze termiche del focolare dei generatori di calore installati, da intendersi riferita al potere calorifico inferiore, espressa in kW – pari a circa **200 kW**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **101 €/kW**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile ( $\%_{spesa}$ )	Costo massimo ammissibile $C_{max}$	Valore massimo dell’incentivo $I_{max}$ [€]
Generatori di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35 \text{ kW}_t$	40 (**)	160 €/kW <sub>t</sub>	3.000
Generatori di calore a condensazione con $P_{n\ int} > 35 \text{ kW}_t$	40 (**)	130 €/kW <sub>t</sub>	40.000

#### EEM4: Sostituzione corpi illuminanti

Nella Tabella 9.2 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, intervento 1 (intervento 1.F - art. 4, comma 1, lettera f).

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
				PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
045160b	DEI Imp. Ele. 2017	9	cad	116,3	105,7	951,2	22%	1.160,49
Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestingente, schermo in policarbonato autoestingente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm								
045161b	DEI Imp. Ele. 2017	67	cad	157,0	142,8	9.564,6	22%	11.668,76
Apparecchio di illuminazione a led per controsoffitti modulari e in cartongesso, anche per sostituzione apparecchi a lampade fluorescenti 4 x 18 W, con alimentatore esterno, temperatura di colore 4000 K, bordo perimetrale in alluminio, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 20, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, potenza 42 W, equivalente a 100 W a fluorescenza								
205015b	DEI Imp. Ele. 2017	9	cad	10,1	9,2	82,6	22%	100,72
Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 4 x 18 W								
205015e	DEI Imp. Ele. 2017	67	cad	12,2	11,1	741,9	22%	905,08
Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 36 W								
M01003a	DEI Imp. Ele. 2016	38,0	€/ora	26,78	24,3	925,1	22%	1.128,7
M01004a	DEI Imp. Ele. 2016	38,0	€/ora	24,12	21,9	833,2	22%	1.016,5
Costi per la sicurezza		-	3%			393,0	22%	479,4
Costi progettazione (in % su importo lavori)		-	7%			944,4	22%	1.152,2

<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>		14.435,9	22%	17.611,8
Incentivi	[Conto termico]			7.044,7
Durata incentivi				5,0
Incentivo annuo				1.408,9

Il contributo dato dall’incentivo “Conto Termico” è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- I<sub>tot</sub>: incentivo totale dell’intervento cumulato per l’intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un’unica soluzione per gli aventi diritto (le PA e le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I<sub>max</sub>: valore massimo raggiungibile dall’incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- %<sub>spesa</sub>: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l’intervento (tabella 5 del Decreto)
- S<sub>int</sub>: superficie oggetto dell’intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **872,16 mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **20,2 €/mq**
- C<sub>max</sub> è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell’intervento supera il valore C<sub>max</sub> il calcolo dell’incentivo è stato effettuato con il valore C<sub>max</sub> riportato in tabella per l’intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]		
Tipologia di intervento	Costo massimo ammissibile (C <sub>max</sub> )	Valore massimo dell’incentivo I <sub>max</sub> [€]
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade ad alta efficienza	15 €/m <sup>2</sup>	30.000
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade a led	35 €/m <sup>2</sup>	70.000

## 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: Cappotto Termico**

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.5 - Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Cappotto termico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	106.919
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	6.118
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	37,5	25,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	58,1	39,3
Valore attuale netto	VAN	- 53.245	- 26.008
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,6%	0,8%
Indice di profitto	IP	-0,50	-0,24

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

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

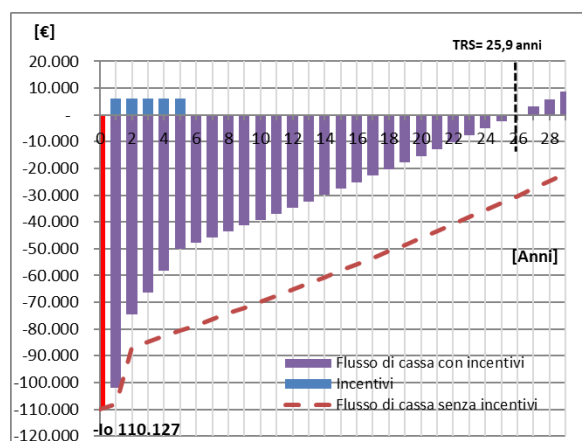
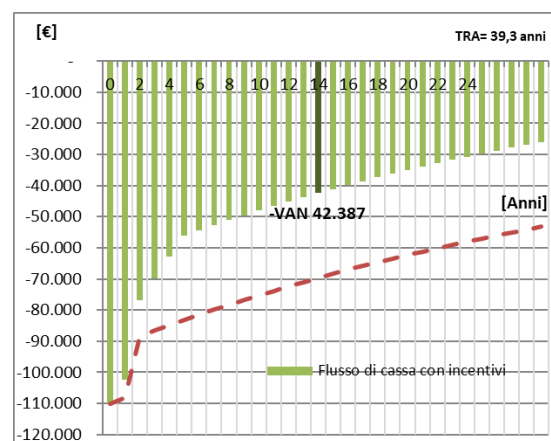


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento, pur beneficiando di incentivi, non presenta tempi di ritorno brevi; questo perché il miglioramento delle performance dell’involucro non consentono di ripagare con la riduzione dei consumi l’investimento iniziale.

### **EEM2: Sostituzione serramenti**

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	41.665
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	38,7	38,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	59,7	59,7
Valore attuale netto	VAN	- 21.345	- 21.345
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,9%	-1,9%
Indice di profitto	IP	-0,51	-0,51

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

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

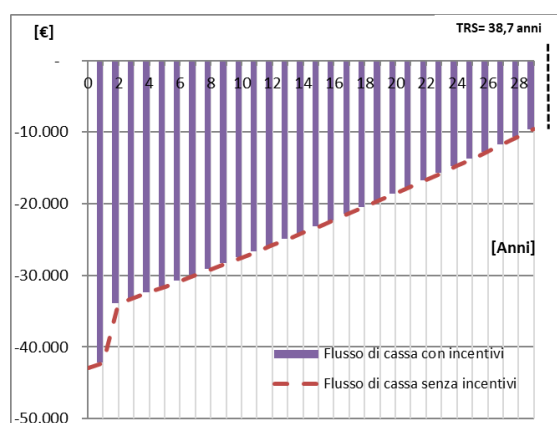
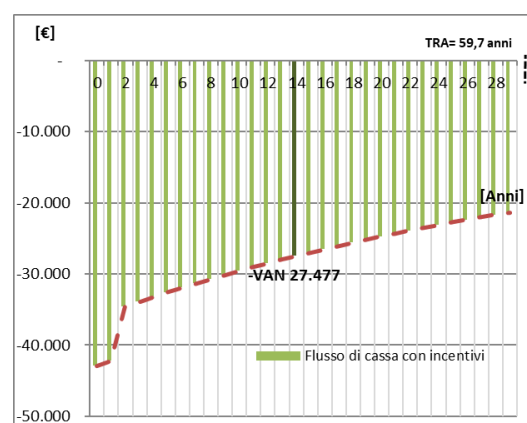


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, essendo relativo all'involucro del fabbricato, risulta economicamente non vantaggioso con tempi di ritorno superiori ai 25 anni.

### **EEM3: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole**

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione serramenti

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	20.297
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%



Anno recupero erariale IVA	n <sub>IVA</sub>	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	1.624
Durata incentivo	n <sub>B</sub>	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,9	3,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,0	4,4
Valore attuale netto	VAN	14.376	21.605
Tasso interno di rendimento	TIR	13,8%	20,2%
Indice di profitto	IP	0,71	1,06

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

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

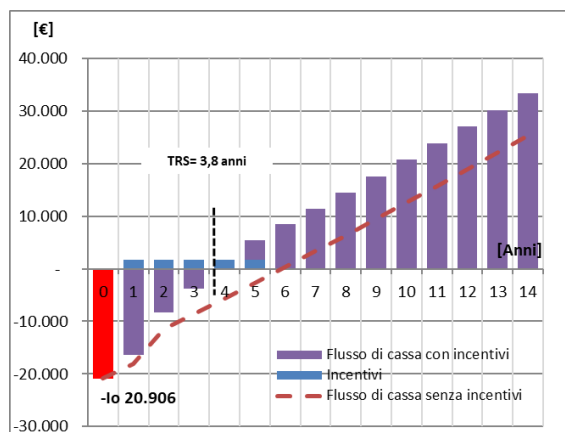
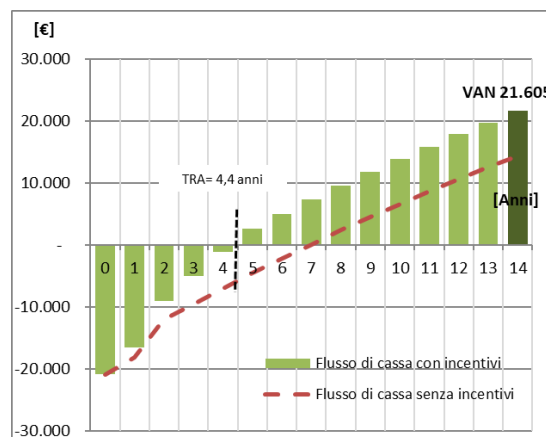


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 5 anni.

#### **EEM4: Sostituzione apparecchi di illuminazione**

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

Tabella 9.8 - Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione apparecchi di illuminazione

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I <sub>0</sub>	€	17.612
Oneri Finanziari % <sub>0</sub>	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n <sub>IVA</sub>	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	1.409
Durata incentivo	n <sub>B</sub>	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	18,1	9,6
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	20,5	10,9
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 11.063	- 4.790
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-20,1%	-5,6%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,63	-0,27

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

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

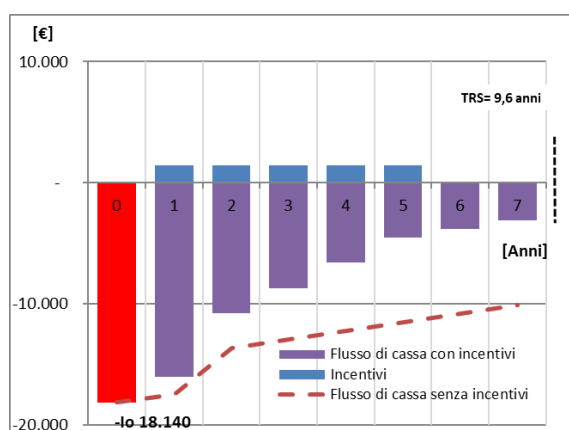
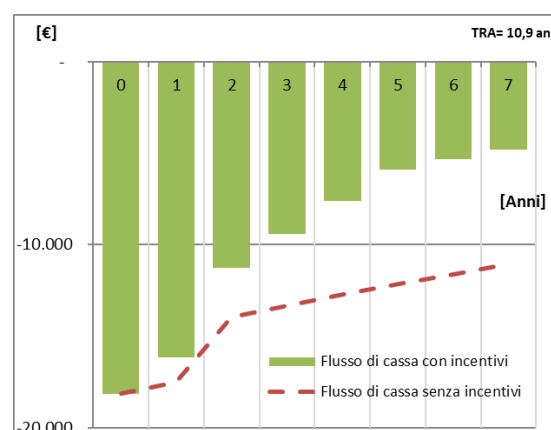


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, beneficiando di incentivi, presenta tempi di ritorno attualizzati si poco superiori ai 10 anni.

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.9 e Tabella 9.10.

Tabella 9.9 – 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	20%	20%	2.409,8	0,00	0,00	106.919	37	58	30	-53.244,7	-0,02	-0,50
EEM 2	7%	7%	902,3	0,00	0,00	41.665	39	60	30	-21.344,7	-0,02	-0,51
EEM 3	17%	17%	2.075,3	1.310,53	69,67	20.297	6	7	15	14.376,1	0,14	0,71
EEM 3	4%	4%	548,6	262,11	0,00	17.612	18	21	8	-11.062,6	-0,20	-0,63

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;

- $\Delta_{CMS}$  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 senza l’accesso alle forme incentivanti solo l’intervento delle termovalvole sarebbe economicamente sostenibile.

Tabella 9.10 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta_{CO2}$ [%]	$\Delta C_e$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	20%	20%	2.409,8	0,0	0,0	106.919,0	26	39	30	-26.008,41	0,008	-0,243
EEM 2	7%	7%	902,3	0,0	0,0	41.664,8	39	60	30	-21.344,74	-0,019	-0,512
EEM 3	17%	17%	2.075,3	1.310,53	69,67	20.297	4	4	15	21.605,0	0,20	1,06
EEM 4	4%	4%	548,6	262,11	0,00	17.612	10	11	8	-4.790,2	-0,06	-0,27

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

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice,  $TRS \leq 15$  anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è 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) abbinata all’istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l’applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

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

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

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

- **Scenario 1: EEM3+EEM4** :Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di corpi illuminanti e sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4**: Tale scenario consiste nella realizzazione di cappotto termico, sostituzione di serramenti e corpi illuminanti e sostituzione generatore di calore ed installazione termovalvole

### 9.3.1 Scenario 1: EEM2+EEM3

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

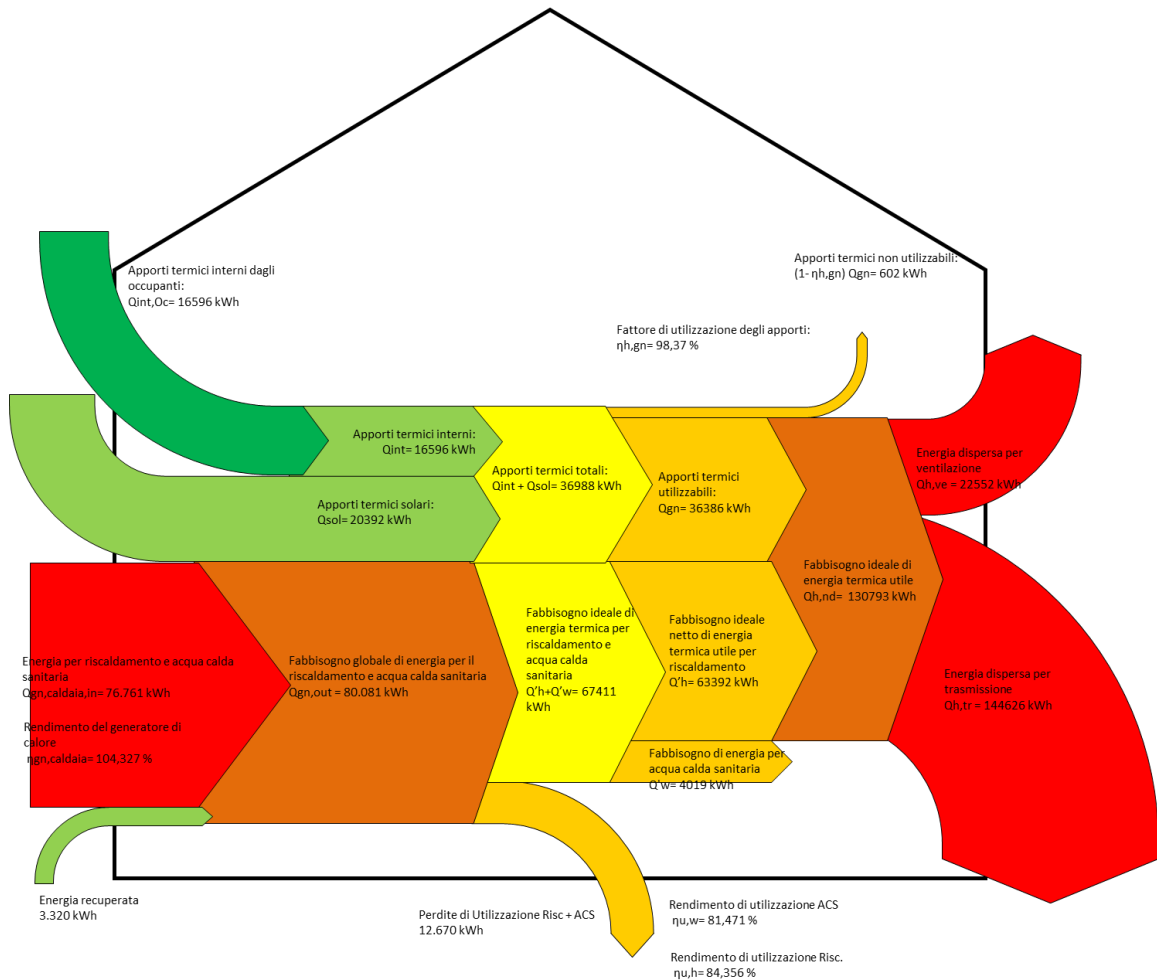
- EEM3: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole
- EEM4: sostituzione corpi illuminanti

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA AI 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM 3 Fornitura & Posa	15.125	3.327	18.452
EEM 4 Fornitura & Posa	13.099	2.882	15.980
Costi per la sicurezza	846,69	186,27	1032,97
Costi per la progettazione	2003,13	440,69	2443,81
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>31.073</b>	<b>6.836</b>	<b>37.909</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	3.932	1.323,40	5.255
EEM3 O&M	4.978,50	1.393,05	6.371,55
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>3.669,47</b>	<b>1.323,80</b>	<b>4.993,27</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>	<b>15.163,60</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>3.032,72</b>	

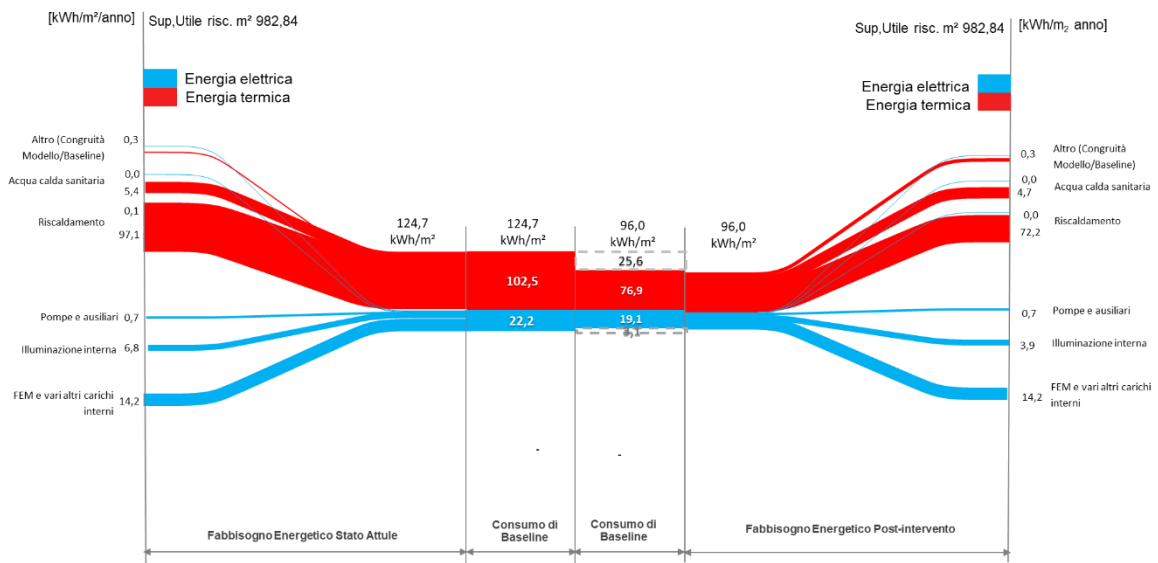
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 contributo relativo all’energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

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

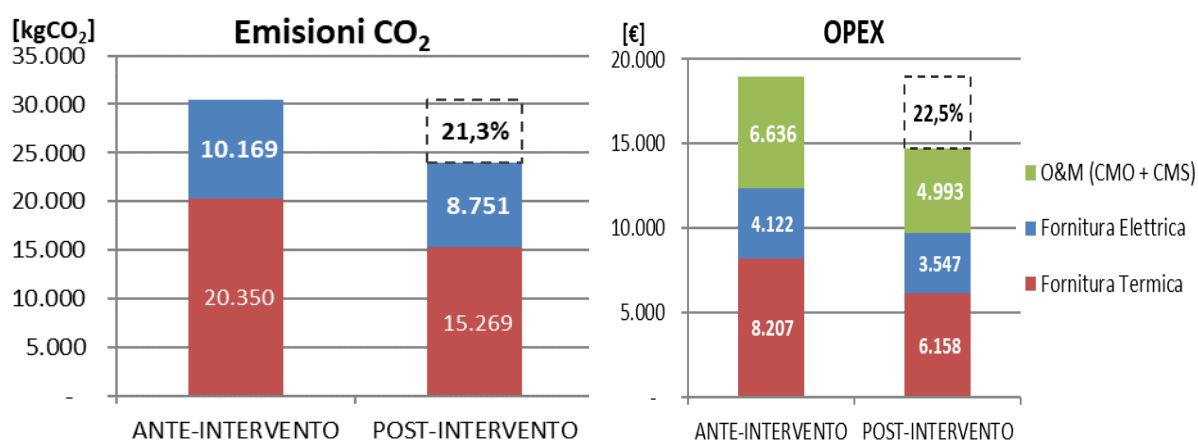


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 –EEM3+EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Rendimento di regolazione]	[%]	87	99	<b>12,5%</b>
EM4 [Potenza corpi illuminanti]	[W]	72	36	<b>50,0%</b>
EM3 [Rendimento generatore di calore]	[W/m <sup>2</sup> K]	87	104	<b>19,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	102.305	76.761	<b>25,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	21.529	18.527	<b>13,9%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	100.742	75.588	<b>25,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	21.776	18.740	<b>13,9%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	20.350	15.269	<b>25,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.169	8.751	<b>13,9%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.519</b>	<b>24.020</b>	<b>21,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.207	6.158	<b>25,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.122	3.547	<b>13,9%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.329</b>	<b>9.705</b>	<b>21,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.242	3.669	<b>30,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.393	1.324	<b>5,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.636</b>	<b>4.993</b>	<b>24,8%</b>
OPEX	[€]	<b>18.965</b>	<b>14.698</b>	<b>22,5%</b>
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

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 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM3+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1,00
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14,00
Anni Concessione	$n$	15,00
Anno inizio Concessione	$n_o$	2.020,00
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10,00
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	0,02
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	$f$	0,01
deriva dell'inflazione	$f'$	0,01
%, interessi debito	$k_D$	0,04
%, interessi equity	$k_E$	0,09
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	0,24
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	0,04
Aliquota fiscale	$\tau$	0,28
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	10,00
Anni Equity	$n_E$	14,00
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	37.909,00
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	1.137,27
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	39.046,27
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,80
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	0,20
Debito	$I_D$	31.237,02
Equity	$I_E$	7.809,25
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	8,30
Rata annua debito	$q_D$	3.762,68
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	37.626,76
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	6.389,74

Tabella 9.14 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	12.329,00
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	6.636,00
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	18.965,00
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%<math>\Delta C_E</math></b>	0,21
Riduzione% costi O&M	<b>%<math>\Delta C_M</math></b>	0,25
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%<math>C_{Baseline}</math></b>	0,05
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	3.157,38
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	948,25
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	43.181,20



Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	5.111,45
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	14,00
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	0,19
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	<b>C<sub>ESCO</sub></b>	535,11
Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	456,41
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	1.217,61
Canone O&M €/anno	<b>CnM</b>	5.181,52
Canone Energia €/anno	<b>CnE</b>	10.626,10
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>CnS</b>	15.807,62
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>CnD</b>	2.209,13
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>Cn</b>	18.016,75
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	0,22
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	6.836,05
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	15.163,73
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>	5,00
Inizio erogazione Incentivi, anno		2.022,00

Tabella 9.15 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	7,06
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	9,94
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	4.866,92
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	0,07
Indice di Profitto	<b>IP</b>	0,13
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	2,67
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	3,08
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	3.960,80
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	0,34
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	1,19
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	1,00
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	0,10

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

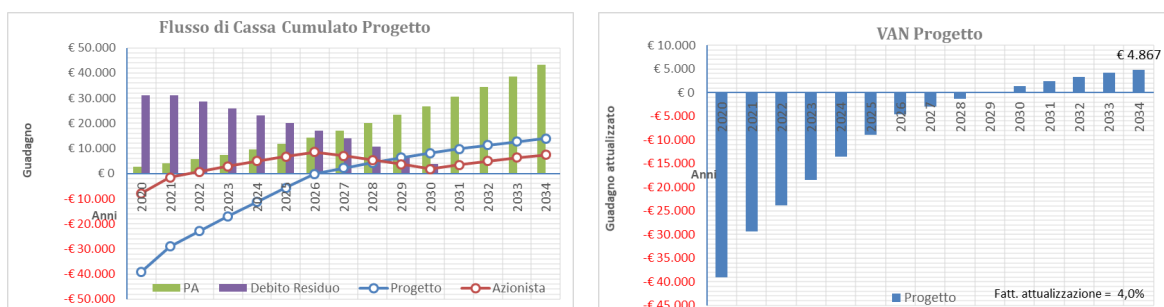
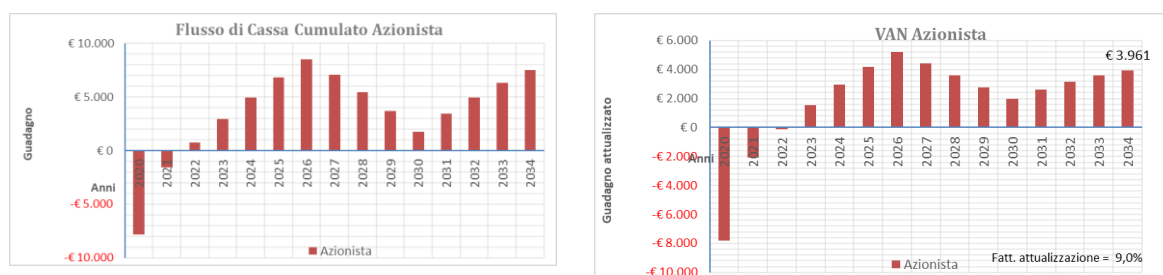


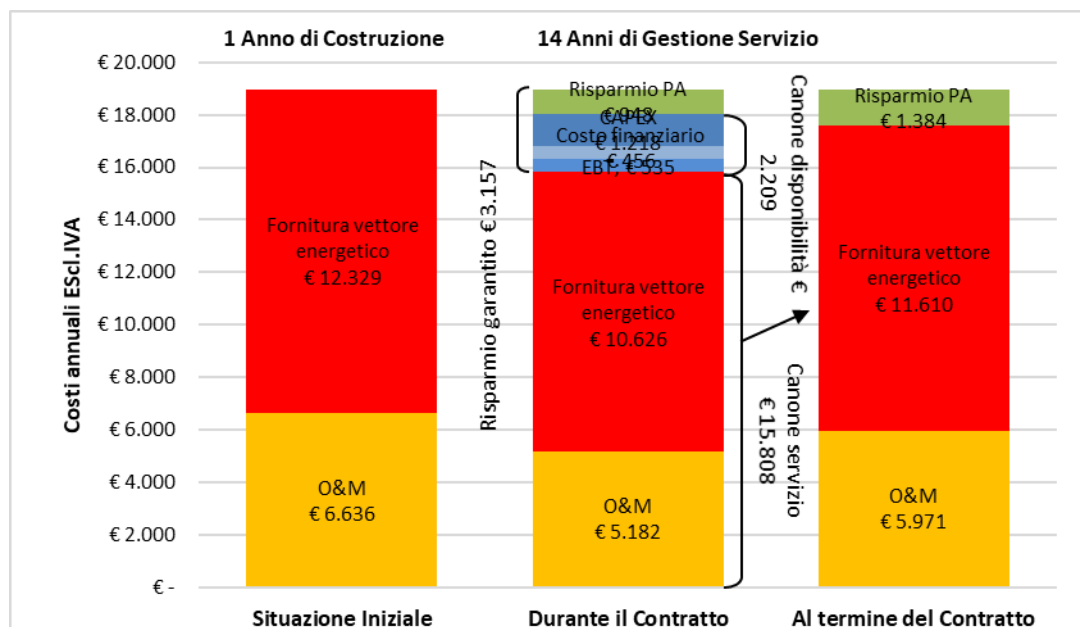
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente per entrambi i soggetti, PA ed ESCO.

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 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

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

- EEM1: cappotto termico
- EEM2: sostituzione serramenti
- EEM3: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole
- EEM3: sostituzione corpi illuminanti

La realizzazione di EEM 2 consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera b), i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Il contributo dato dall’incentivo “Conto Termico” è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell’intervento cumulato per l’intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un’unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall’incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l’intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie oggetto dell’intervento (m2) – pari a circa **123,1 mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **339 €/mq €**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile ( $\%_{spesa}$ )	Costo massimo ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell’incentivo $I_{max}$ [€]
Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche	40 (**)	350 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche A, B, C	75.000
ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell’intervento	40 (**)	450 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche D, E, F	100.000

<b>TOTALE</b>		<b>41.664,8</b>
Incentivi	[Conto termico]	16.665,9
Durata incentivi		5,0
Incentivo annuo		3.333,2

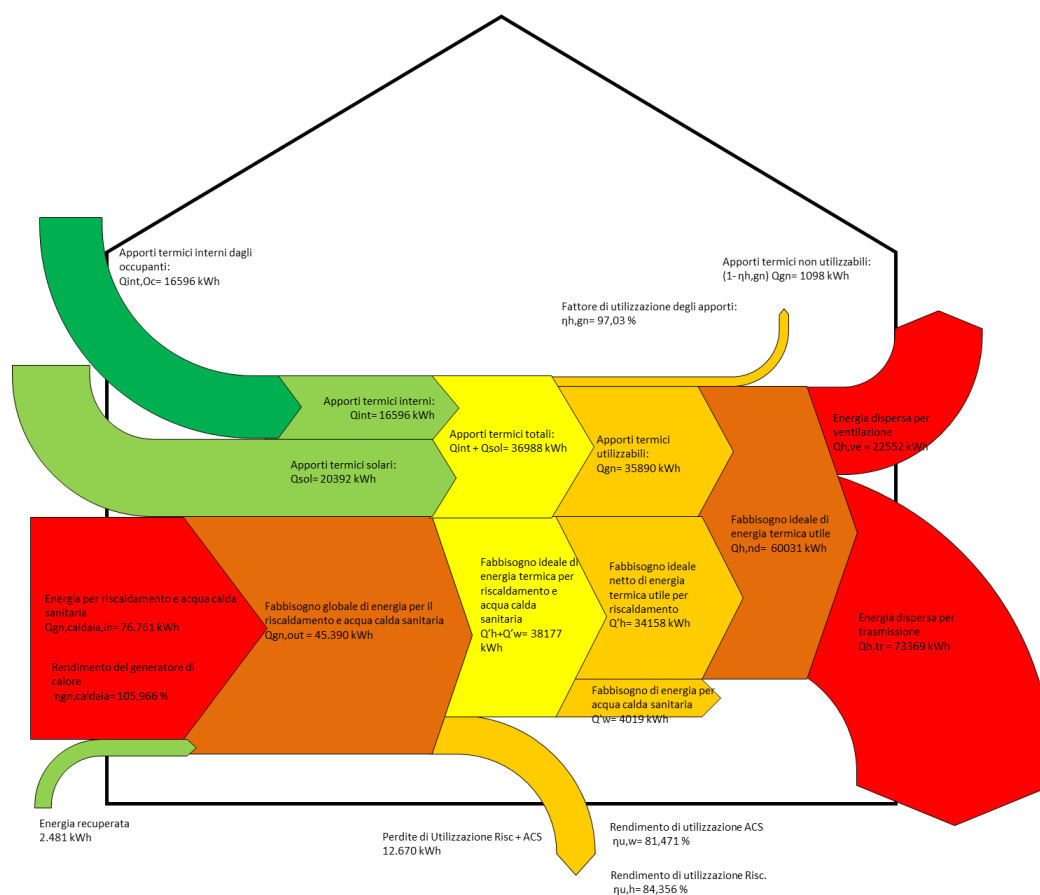
Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	79.671	17.528	97.199
EEM2 Fornitura & Posa	31.047	6.830	37.877
EEM3 Fornitura & Posa	15.125	3.327	18.452
EEM4 Fornitura & Posa	13.099	2.882	15.980

Costi per la sicurezza	4168,23	917,01	5085,25
Costi per la progettazione	9753,39	2145,75	11899,13
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>152.863</b>	<b>33.630</b>	<b>186.493</b>
<b>VOCE MANUTENZIONE</b>	<b>C<sub>MO</sub></b>	<b>C<sub>MS</sub></b>	<b>C<sub>M</sub></b>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	5.242,10	1.393,47	6.635,57
EEM2 O&M	5.242,10	1.393,47	6.635,57
EEM3 O&M	3.932	1.323,40	5.255
EEM4 O&M	4.978,50	1.393,05	6.371,55
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>3.669,47</b>	<b>1.323,80</b>	<b>4.993,27</b>
<b>VOCE INCENTIVO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>TOTALE</b>	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>	<b>62.419,53</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>12.483,91</b>	

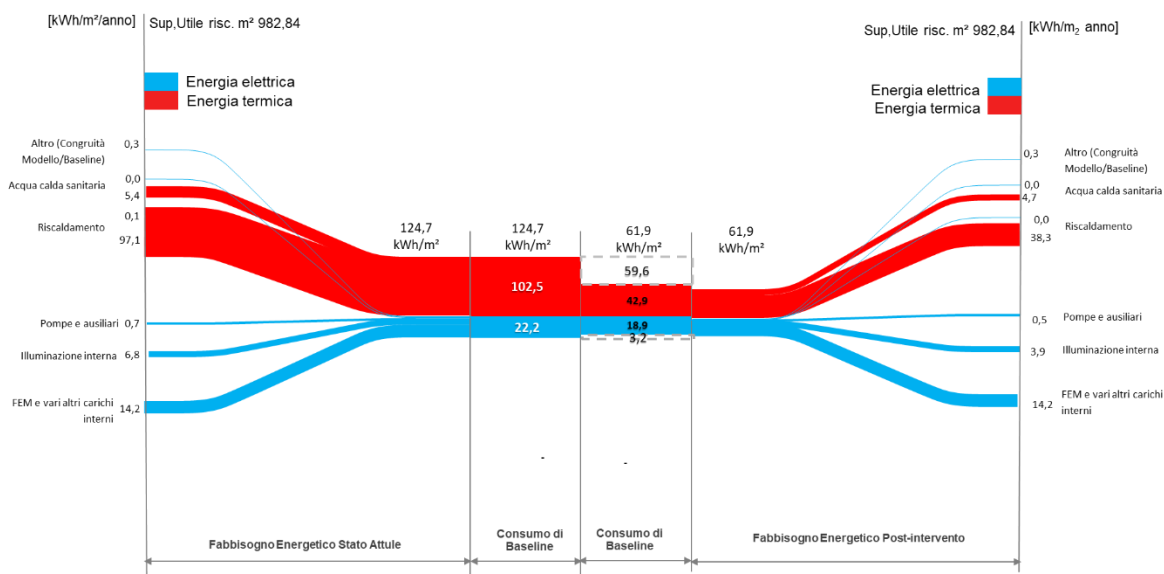
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 contributo relativo all'energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

Figura 9.16 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

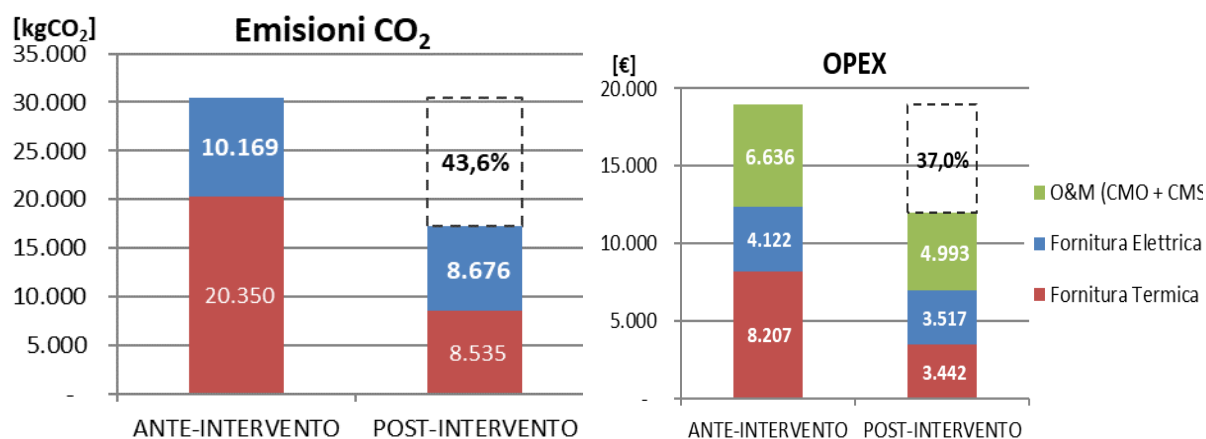


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Tabella 9.17

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3+EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Trasmittanza parete verticale]	[W/m²K]	1,9	0,221	<b>88,4%</b>
EM2 [Trasmittanza serramenti]	[W/m²K]	4	1,2	<b>70,0%</b>
EM3 [Rendimento di regolazione]	[%]	88	99	<b>3,1%</b>
EM4 [Potenza corpi illuminanti]	[W]	72	36	<b>50,0%</b>
EM3 [Rendimento generatore di calore]	[W/m²K]	87	104	<b>19,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	102.305	42.909	<b>58,1%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	21.529	18.368	<b>14,7%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	100.742	42.254	<b>58,1%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	21.776	18.579	<b>14,7%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	20.350	8.535	<b>58,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.169	8.676	<b>14,7%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.519</b>	<b>17.212</b>	<b>43,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.207	3.442	<b>58,1%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.122	3.517	<b>14,7%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.329</b>	<b>6.959</b>	<b>43,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.242	3.669	<b>30,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.393	1.324	<b>5,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.636</b>	<b>4.993</b>	<b>24,8%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>18.965</b>	<b>11.952</b>	<b>37,0%</b>
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

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 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM1+EEM2+EEM3+EEM4

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	$k_{CdP}$	0,02
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	$f$	0,01
deriva dell'inflazione	$f'$	0,01
%, interessi debito	$k_D$	0,04
%, interessi equity	$k_E$	0,09
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	0,24
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	0,04
Aliquota fiscale	$\tau$	0,28
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	9
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	186.493
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	5.595
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	192.088
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,8
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	0,2
Debito	$I_D$	153.670
Equity	$I_E$	38.418
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	8
Rata annua debito	$q_D$	20.202
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	181.819
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub> = <math>q_D * n_D - D</math></b>	28.149

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	12.329
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	6.636
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	18.965
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	0,44
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,25
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,00
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	5.548
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	0
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	76.572
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	9.469
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	24
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	0,05
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	373
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	1.173
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	4.002
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	5.314
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	8.103
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	13.417
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	5.548
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	18.965
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	0,22
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	33.630
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	62.420
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

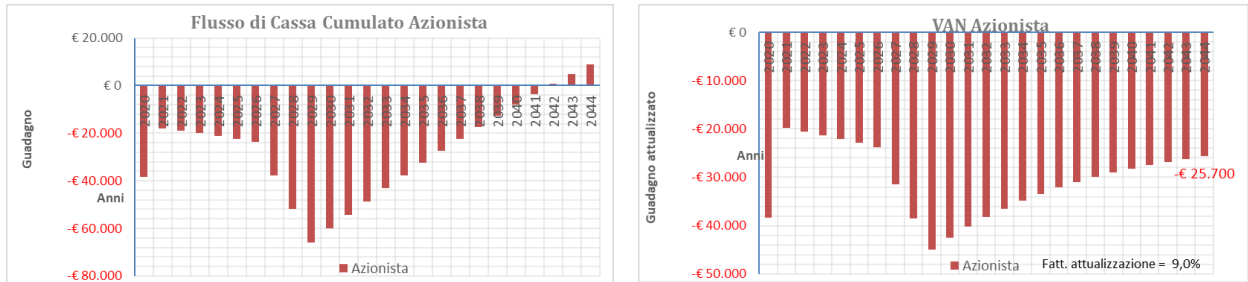
Tabella 9.20 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = $Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>	17
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	36,5
Valore Attuale Netto, VAN = $VA - Io$	<b>VAN &gt; 0</b>	-18259
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	0,02
Indice di Profitto	<b>IP</b>	-0,10
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = $Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>	23
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	74,9
Valore Attuale Netto, VAN = $VA - Io$	<b>VAN &gt; 0</b>	-25.700
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	0,01
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	0,85
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	1,13
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	-0,14

Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



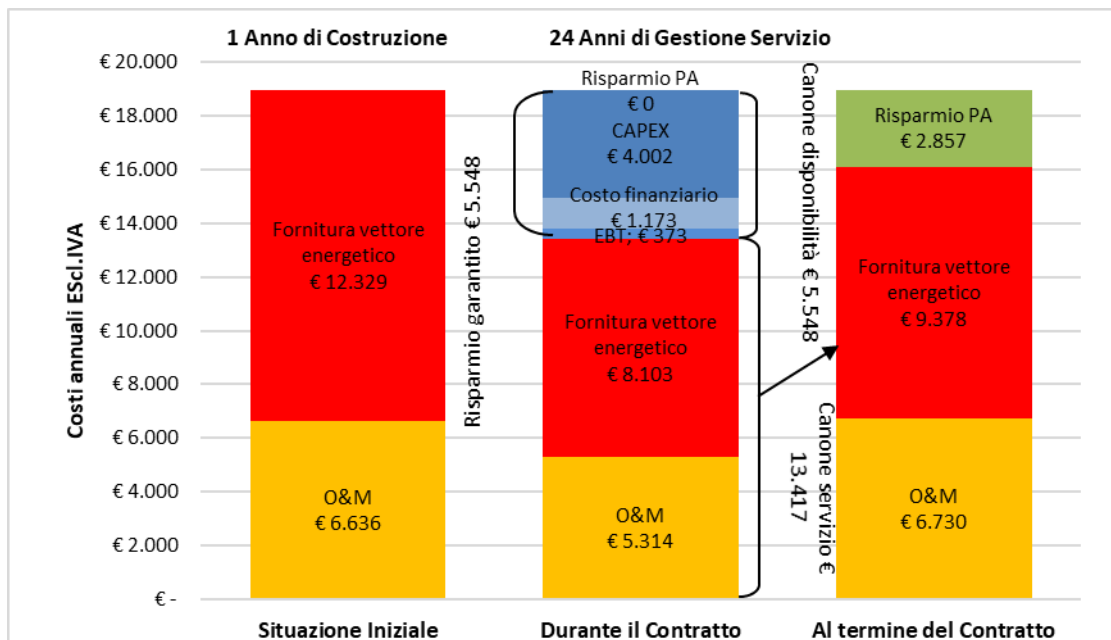
Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi non risulta conveniente per nessuno dei due operatori.

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.

Figura 9.20 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista





## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso *E0877 – Asilo nido “Gabbiano”* è risultato che l’edificio, presenta livelli di prestazione energetica sufficienti sia per quanto riguarda il vettore termico che per quello elettrico. Tuttavia, la mancanza di un involucro dalle caratteristiche termoisolanti maggiormente performanti incide sull’eccessivo consumo di combustibile.

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

Gli interventi di efficientamento previsti per la struttura interessano l’involucro, l’impianto di illuminazione e l’impianto di climatizzazione, in particolare per quanto riguarda il sistema di generazione e il sottosistema di regolazione.

Lo Scenario 1, che prevede la sostituzione del generatore di calore obsoleto con un generatore a condensazione ad alta efficienza e la sostituzione dei corpi illuminanti, risulta economicamente e finanziariamente sostenibile secondo i requisiti previsti dalla PA.

Dall’altra parte, lo Scenario 2 proposto, che prevede interventi sull’involucro edilizio, non consente un rientro in tempi conformi alle richieste della committenza nonostante dal punto di vista della performance energetica l’edificio benefici di due classi in più.

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

La scuola è risultata essere, dal punto di vista impiantistico, in un buono stato manutentivo con componenti caratterizzati da buoni rendimenti; per quanto concerne l’involucro gli standard prestazionali sono decisamente inferiori, con elementi obsoleti e con bassi livelli di isolamento termico. L’involucro opaco dell’edificio è caratterizzato da elementi sprovvisti di isolamento termico. La maggior parte dei serramenti presenti risale agli anni ’80 (periodo di realizzazione dell’edificio) ed è del tipo a vetro singolo e telaio in alluminio.

Tutti questi fattori fanno sì che l’edificio sia particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla coibentazione dei suoi elementi; questa tipologia di intervento richiede tuttavia elevati importi, spesso non conciliabili con i tempi di ritorno attesi dalla Committenza.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITENZA

	Titolo	Data	Nome file
Planimetrie Involucro	TAVOLA DI INQUADRAMENTO	26/11/2017	E00877.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO PRIMO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SECONDO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIANC.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO SCOLASTICO / SOCIALE	26/11/2017	PIANT.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA	26/11/2017	069-P00-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA	26/11/2017	069-P00-015-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 00	26/11/2017	L1-042-069-P00.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 01	26/11/2017	L1-042-069-P01.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 02	26/11/2017	L1-042-069-P02.dwg
Checklist Termici	L1-042-069-P00-Checklist	26/11/2017	L1-042-069-P00-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-069-P01-Checklist	26/11/2017	L1-042-069-P01-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-069-P02-Checklist	26/11/2017	L1-042-069-P02-Checklist.xlsx
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14	08/11/2017	5700065502
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14	08/11/2017	5700098231
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-02-14 al 31-03-14	08/11/2017	5700134947
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700176175
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-04-14 al 31-05-14	08/11/2017	5700214999
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-05-14 al 30-06-14	08/11/2017	5700248920
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14	08/11/2017	5700320256
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-09-14 al 30-09-14	08/11/2017	5700345638
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-09-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700411615
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14	08/11/2017	5700397633
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-11-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700448338
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700493164
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700544358
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5750082011
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-04-15 al 30-04-15	08/11/2017	E000140853
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-05-15 al 31-05-15	08/11/2017	E000175681
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000234074
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	E000337531
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	E000337531
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	E000386685
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-10-15 al 30-10-15	08/11/2017	E000432872
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	E000483591
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	E000018566
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150599
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150599
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	E000084154
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	E000194182
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	E000334613
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	011640025277
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-04-16 al 30-09-16	08/11/2017	011640087949
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	011640048520
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060831
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074904
Bollette EE	POD:IT001E00096316 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	011640100079
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-01-15 al 31-03-15	08/11/2017	0100032015000169200
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-04-15 al 30-06-15	08/11/2017	P150008978
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	P150012621
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	P150018601

Titolo		Data	Nome file
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	P150032785
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-10-15 al 31-10-15	08/11/2017	P150041248
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	P150044516
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	P160003352
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-01-15 al 31-03-15	08/11/2017	0100032015000169100
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-04-15 al 30-06-15	08/11/2017	P150007518
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	P150015576
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	P150019771
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	P150032667
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-10-15 al 31-10-15	08/11/2017	P150037967
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	P150048624
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	P160003881
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	P160009906
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-02-16 al 29-02-16	08/11/2017	P160022665
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	P160028442
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	EX15064/2016
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	P160036697
Bollette GAS	PDR: 03270004224342 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	08/11/2017	EX03009/2017
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	P160012671
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-02-16 al 29-02-16	08/11/2017	P160023980
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	P160031417
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	P160041242
Bollette GAS	PDR: 03270012212638 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	08/11/2017	EX03011/2017

**ALLEGATO B – ELABORATI**

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Fotografie da sopralluogo	Fotografie da sopralluogo	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0877_ Foto da 1 a 16
Contatori	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con posizione impianti e contatori	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0876_Contatori
Zone termiche	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d’uso	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0876_ZoneTermiche
Impianto Elettrico	Diagramma a blocchi impianto elettrico conforme allo stato di fatto	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0876_Impianto Elettrico
Impianto termico	Diagramma a blocchi impianto termico conforme allo stato di fatto	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0876_ImpiantoTermico
Calcolo Elettrico	Dettaglio di calcolo del modello elettrico	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0876_CalcoloElettrico

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	06/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E0877

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

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	06/2018	ALLEGATO D_Lotto.6 – E0877

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	06/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E0877

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	06/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E0877



## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E0877

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	06/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E0877

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	06/2018	GG_Lotto6-E0877

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	06/2018	Lotto.6-E0877_Schede-Audit



## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	06/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E0877



## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	06/2018	Lotto.6-E0877_analisi-PEF



## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E0877



## **ALLEGATO N – CD-ROM**

*[Allegare CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.]*



