

# SCUOLA MATERNA STATALE "VIA SANT'ELIA" E0874

Via Antonio Sant'Elia 108, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



# **SCUOLA MATERNA STATALE "VIA SANT'ELIA" E0874**

**Via Antonio Sant'Elia 108, 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 S. 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	Maria Giovanna Passaghe	Francesca Bottega  Matteo Zanotto	Alessandro Bertino	Prima Pubblicazione
1	26/07/2018	Maria Giovanna Passaghe	Francesca Bottega  Matteo Zanotto	Alessandro Bertino	Prima Revisione

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

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

## INDICE

## PAGINA

<b>REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA.....</b>	<b>I</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMessa .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
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.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>11</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	12
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>14</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	14
<b>TABELLA 4.1 – TRASMITTANZE TERMICHE DEI COMPONENTI DELL'INVOLUCRO OPACO.....</b>	<b>15</b>
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	21
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	21
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	21
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	22
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	23
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>23</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	23
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	23
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	25
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	29
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>32</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	32
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	33
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	34
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	34
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	36



<b>7</b>	<b>ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>38</b>
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	38
7.1.1	<i>Vettore termico</i> .....	38
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i> .....	38
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	41
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	42
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	42
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>44</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	44
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	44
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	45
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	46
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>48</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	48
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	53
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	58
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2+EEM3</i> .....	60
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:</i> .....	65
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>72</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	72
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	72
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	72
	<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

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1958
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	839,71
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.524,37
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3.772,95
Rapporto S/V	[1/m]	0,67
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	895
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	996
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	326
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1.322
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	88
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	15.534
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>ti</sub> /anno]	49.698
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	4.357
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>ei</sub> /anno]	11.766,3
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	2.380

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione serramenti
- EEM 2: Sostituzione generatore di calore ed installazione termovalvole
- EEM 3: sostituzione corpi illuminanti
- SCN1: EEM2+EEM3
- SCN2: EEM1+EEM2+EEM3

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

	CON INCENTIVI													
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta CO_2$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	11%	11%	774	0	0	31.781	35	55	30	-14.892	-1%	-47%	-	-
EEM 2	21%	21%	1.422	788	105	22.231	7	9	15	7.517	10%	34%	-	-
EEM 3	7%	7%	486	394	0	12.711	8	9	8	-1.967	-1%	-15%	-	-
SCN 1	28%	28%	1.908	1.182	105	34.942	9	11	15	1.935	13%	0,06	1,02	1,65
SCN 2	38%	38%	2.557	1.182	105	66.723	12	13	25	776,13	16%	0,01	1,06	0,87

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

E0840 - Scuola elementare succursale "Foglietta"



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici, la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre i 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.

### 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.

Figura 1.1 - Vista della facciata Nord-Ovest



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 F. 71 Mapp. 727 Sub. 49 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona di Cornigliano.

I dati catastali identificati corrispondono con quelli riportati nel file "KyotoBaseline-E0840\_rev10".

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

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1958
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	839,71
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2524,37
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3772,95
Rapporto S/V	[1/m]	0,67
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	895
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	996
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	326
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1.322
Tipologia generatore riscaldamento		Caldiaia a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	88
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	15.534
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>it</sub> /anno]	49.698

Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	4.357
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	11.766,3
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	2.380

Nota (1): Valori di Baseline

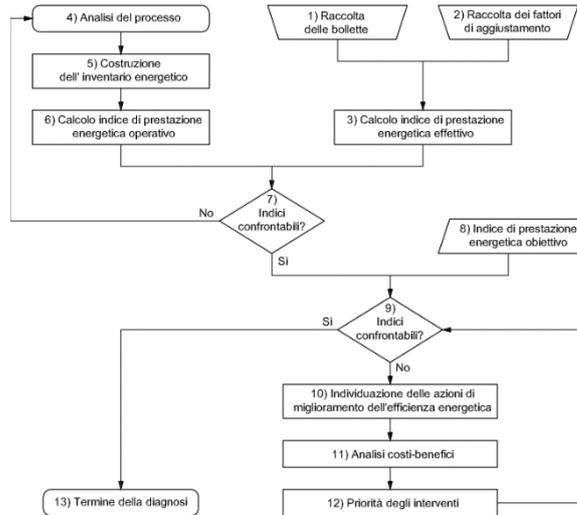
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per AgeSi, Assisat, 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 e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</sub>);
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;

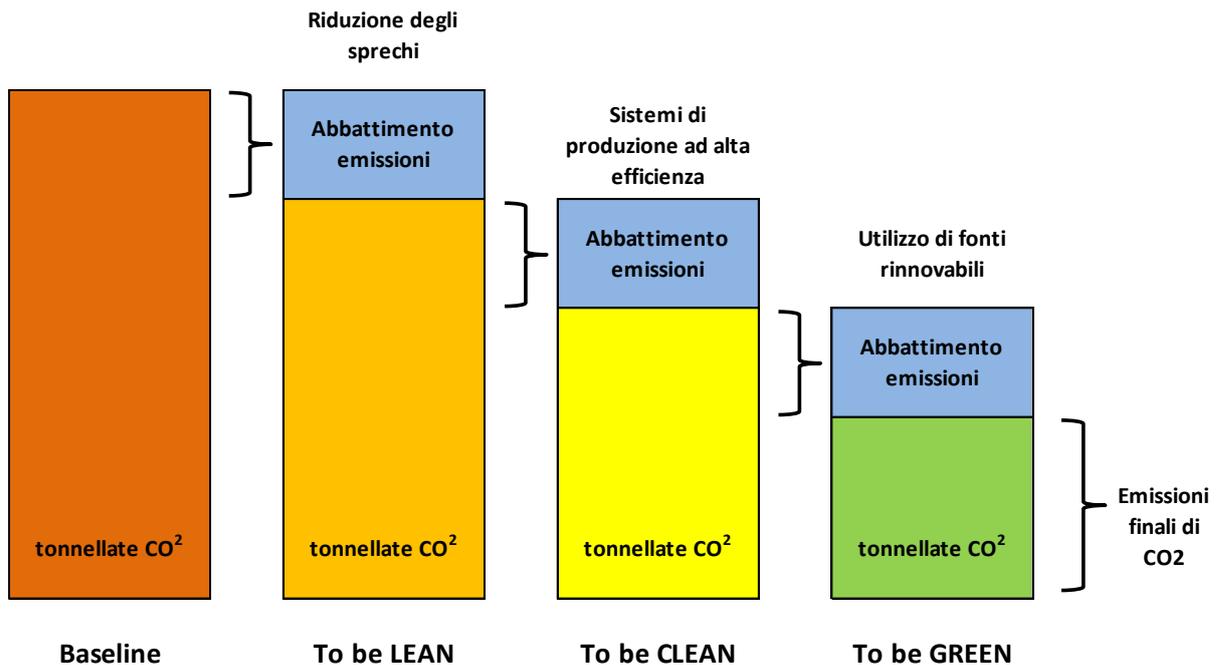
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

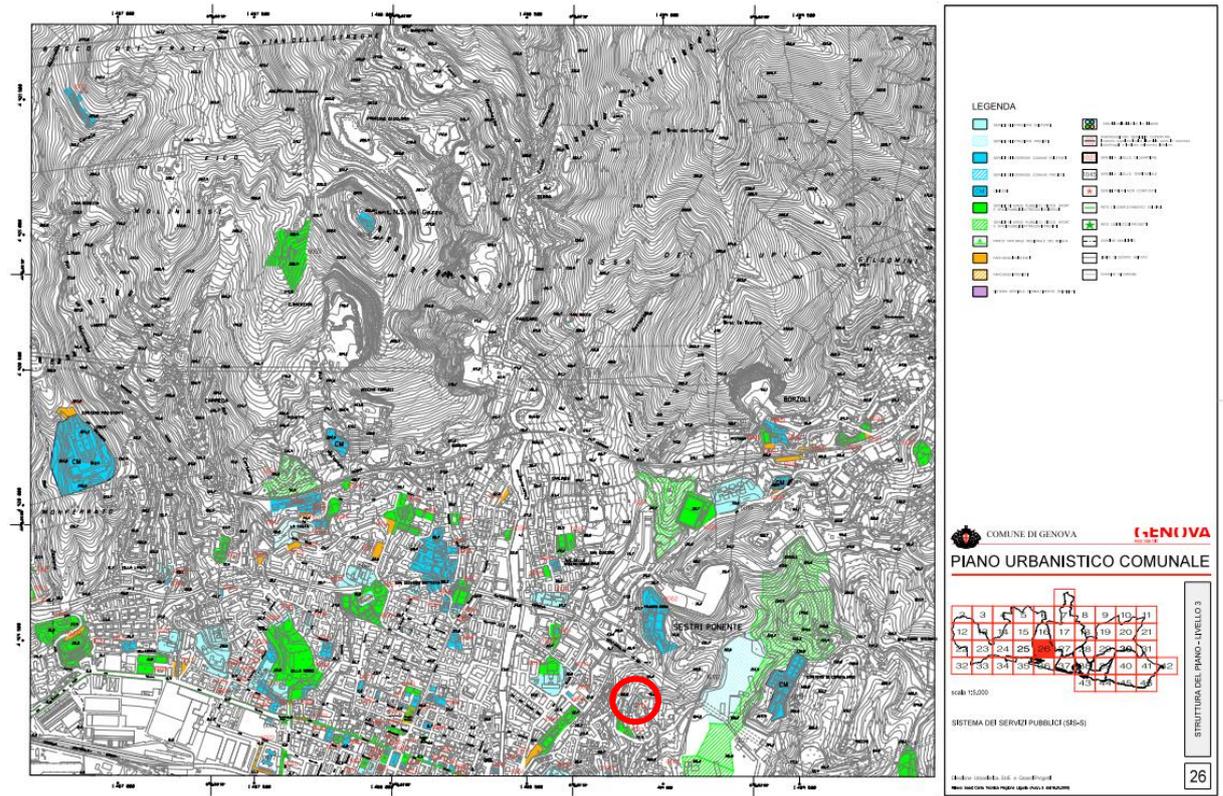
## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 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 é 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



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

L'edificio ove è ubicata la Scuola materna è stato costruito intorno agli anni '60 ed attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7.

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 migliorare l'efficienza energetica del fabbricato 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 e dell'informazione dei ragazzi verso tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da sei piani fuori terra, di cui solo il piano terra risulta essere a servizio dell'attività didattica. Gli ambienti presenti al piano terra sono: cucina, refettorio, sala giochi, uffici, aule e servizi igienici.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Sala gioco	[m <sup>2</sup> ]	134	128,5	-
	Cucina e refettorio	[m <sup>2</sup> ]	280	230,5	-
	Aule, uffici e servizi	[m <sup>2</sup> ]	511	481	-
<b>TOTALE</b>		<b>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>925</b>	<b>840</b>	<b>-</b>

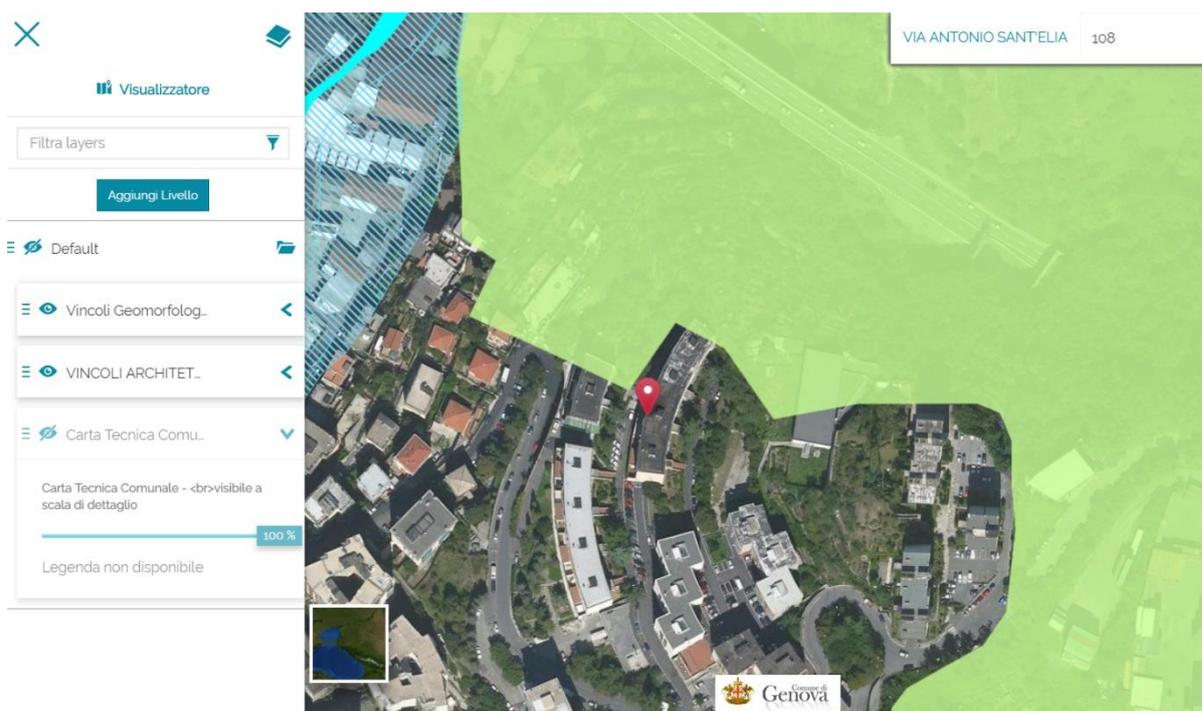
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

L'edificio non è soggetto a vincoli architettonici.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione serramenti	-		-
EEM 2: Sostituzione Generatore di calore	-		-
EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti	-		-

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.

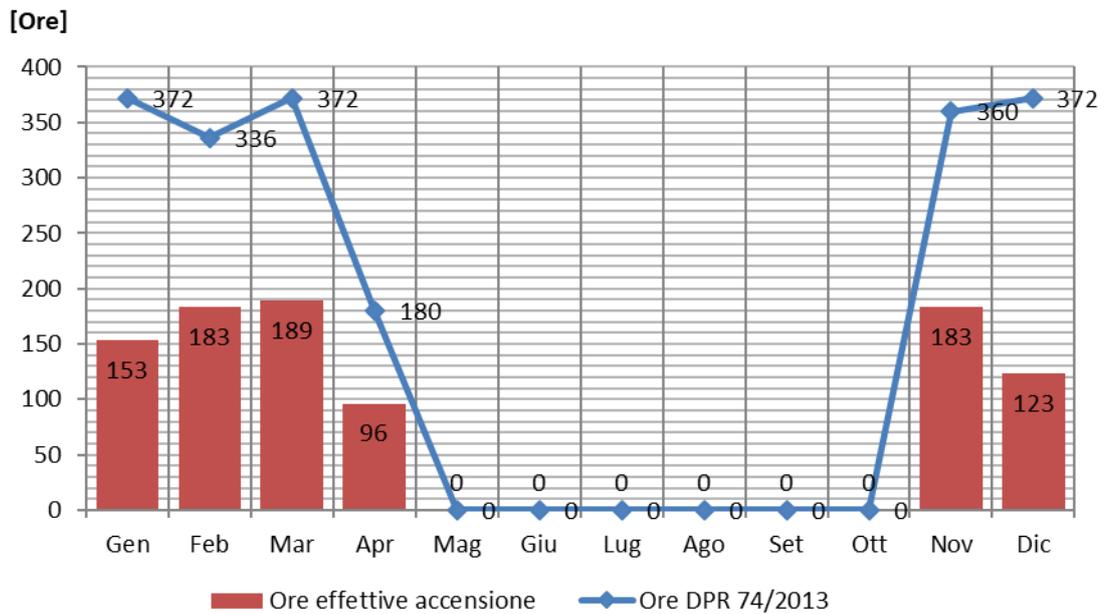
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

Nella Tabella 2.2 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 18.00	06.30 – 15.30
	[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]	07.30 – 18.00	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. 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 triennale.

### 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 2.2, 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	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	22%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	22%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	50	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0	0	0
Giugno	30	22,4	-	-	20	0	0	0
Luglio	31	24,6	-	-	20	0	0	0
Agosto	31	23,6	-	-	-	0	0	0
Settembre	30	22,2	-	-	20	0	0	0
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	0	0
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	136	16%
Dicembre	31	10	31	310	15	14	137	16%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>218</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 di Genova Pegli, indicata in giallo nella Figura 3.1, mentre la localizzazione della scuola è indicata con il simbolo rosso.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è risultata essere quella più vicina al sito oggetto di studio.

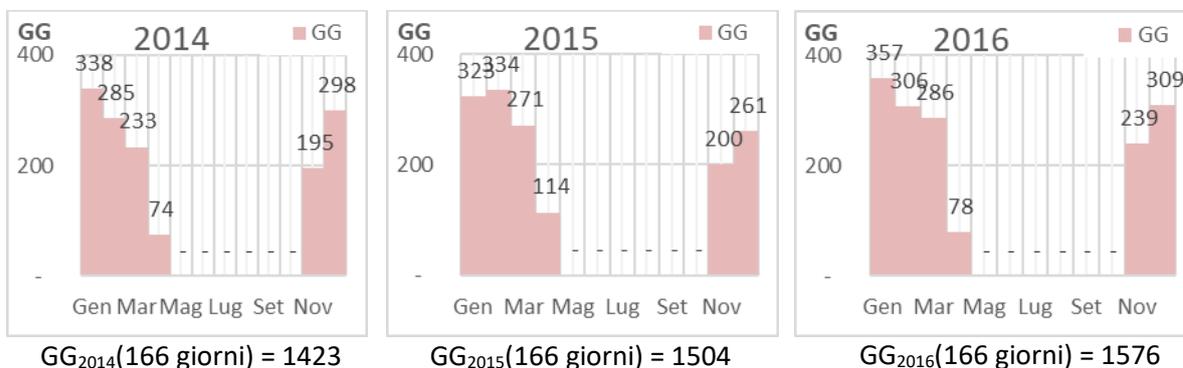
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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



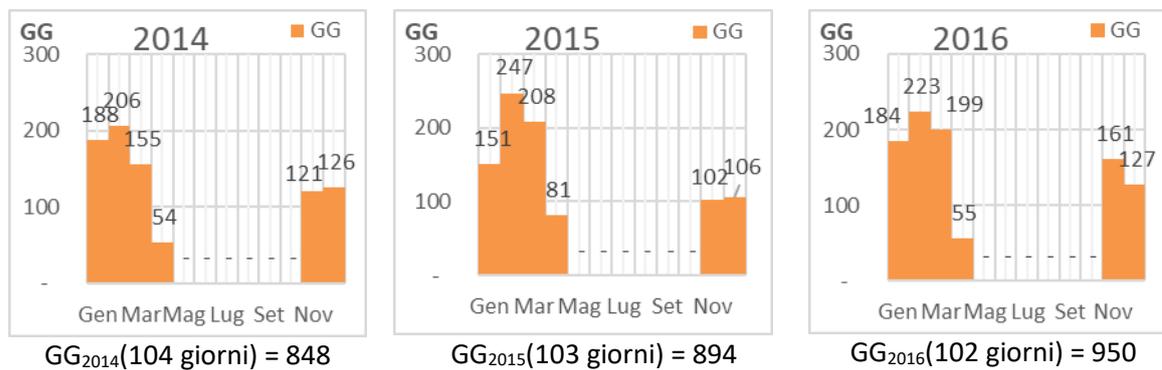
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 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 calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

Nelle tre annualità analizzate i giorni di effettivo funzionamento della struttura sono risultati lievemente differenti, poichè legati alla cadenza delle chiusure per festività; la media dei giorni di funzionamento dell'impianto è risultata essere pari a 103 giorni, valore utilizzato per il calcolo dei GG di riferimento.

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG è aumentato nel triennio di riferimento, con un delta di circa 100GG tra il 2014 ed il 2016.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

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.

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura intelaiata con tamponamenti in blocchi forati.

Questa soluzione realizzativa incide profondamente 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.

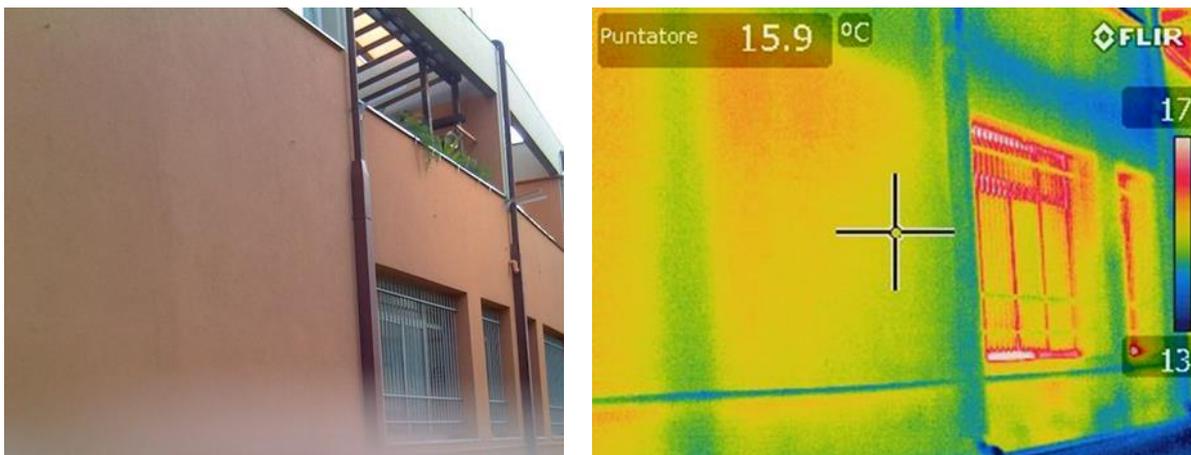
Figura 4.1 - Particolare facciata sud-ovest fabbricato



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera 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 Nord al secondo piano



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; ma, considerando le elevate temperature esterne, non è stato possibile utilizzare i dati forniti dall'indagine per definire le effettive prestazioni dei pacchetti costruttivi presenti.

L'individuazione di questi ultimi 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 ricavati 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]	
Solaio interpiano	S1	31	Assente	1,7	MEDIO
Parete verticale	PE1	33	Assente	1,485	MEDIO
Solaio controterra	PAV1	53	Assente	0,322	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 principalmente da serramenti con telaio metallico e vetro camera (risalenti all'anno di realizzazione dell'edificio).

Lo stato di conservazione dei serramenti è medio ma l'obsolescenza degli elementi è causa di infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti, e dispersioni termiche con un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.3 - Particolare dei serramenti in alluminio



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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il telaio dei serramenti è la parte maggiormente disperdente di tutto l'involucro esterno dell'edificio;

Lo spessore esiguo del vetro nei serramenti in legno tenero è causa non solo di maggiori dispersioni termiche ma anche di uno scarso isolamento acustico delle aule.

Figura 4.4 – Rilievo termografico serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento esterno	W1	130x190	metallico	Doppio	4,3	medio
Portafinestra	W2	130x260	metallico	Doppio	4,3	medio
Serramento esterno	W3	180x50	metallico	Singolo	3,8	medio
Serramento esterno	W4	295x195	metallico	Doppio	3,9	medio
Portafinestra	W5	230x260	metallico	Doppio	4,2	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 condensazione installata in centrale termica che va ad alimentare il circuito di distribuzione a servizio dei radiatori e degli aerotermini installati nella palestra.

#### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori in ghisa 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, sotto finestra.

Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 93,3%.

Figura 4.5 - Particolare radiatori su parete esterna



Figura 4.6 – Particolare radiatore su parete interna



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Unica	Radiatori	93,3%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatore a parete	40	2,7	108	Np	Np
<b>TOTALE</b>			<b>2,7</b>	<b>108</b>	<b>np</b>	<b>np</b>

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 con sonda esterna di temperatura.

L'architettura dell'impianto di climatizzazione prevede una sola zona termica con la regolazione climatica agisce sul collettore principale di mandata attraverso una valvola miscelatrice a tre vie.

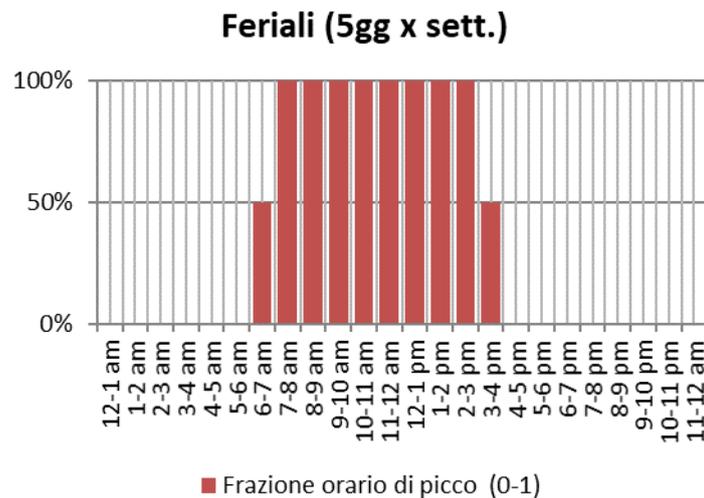
Figura 4.7 - Particolare dello stacco di mandata e valvola a tre vie

Figura 4.8 – Interfaccia di settaggio impianto



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Unica	Climatica	74,2%

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 la caldaia ed il collettore caldo
- 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori e agli aerotermi (fluido termovettore acqua)

1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione anticondensa ed una pompa gemellare, a portata costante e funzionamento in parallelo, che invia l'acqua calda al circuito di alimentazione dei terminali. Le caratteristiche del circolatore a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(4)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(4)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(4)</sup> [kW]
Pompa di circolazione EG01	mandata acqua calda a collettore	20-45	9,8 - 68,6	0,495

Nota (4): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7. Le temperature rilevate in fase di sopralluogo sono inferiori rispetto a quelle che vengono utilizzate nella modellazione del comportamento termico/impiantistico del fabbricato, questo perché le condizioni climatiche esterne nei giorni in cui si sono svolte le attività di sopralluogo sono risultate essere più elevate rispetto alle medie del periodo.

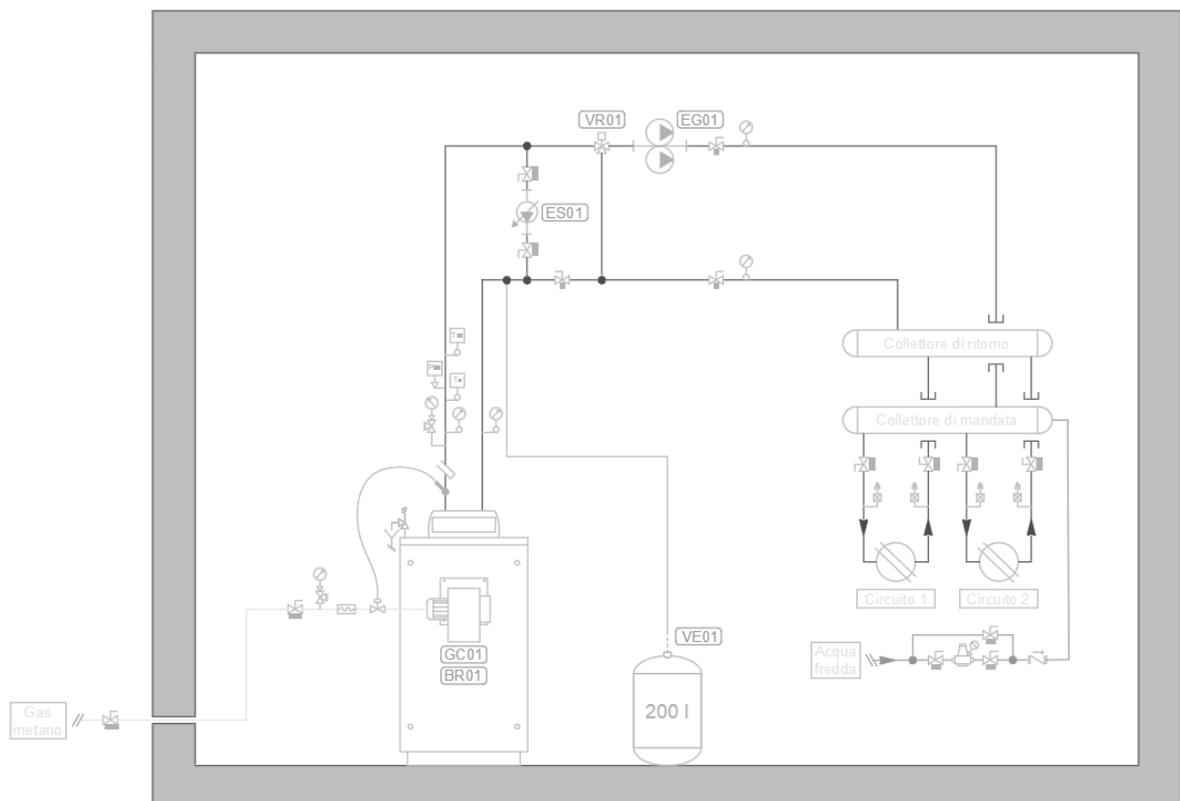
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA <sup>(5)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
		°C	°C
Circuito primario	Mandata	30	60
	Ritorno	30	40

Nota (5): Valori ricavati in sede di sopralluogo

2) **Circuito secondario:** caratterizzato da due stacchi a servizio degli ambienti, ciascuno dotato di valvola di chiusura e la cui circolazione di acqua calda è gestita dalla pompa gemellare a monte del collettore principale

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 056-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 95,6%.

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento, marca IVAR e modello Trispacce 130TS, installata internamente al locale centrale termica del fabbricato.

Figura 4.11 - Particolare generatore di calore



Figura 4.12 - Particolare targhetta



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
GT1 Riscaldamento	IVAR	Trispacce 130 TS	2005	127,4	115,6	90,7%	nd

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari a 79,7%, mentre dalla prova fumi il solo rendimento di combustione è risultato essere pari a 94,2%.

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

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

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente [Figura 4.13 - Particolare boiler elettrico](#)

ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio.

La produzione di acqua calda avviene mediante due boiler elettrici, uno per singolo blocco di servizi igienici.

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



Tabella 4.9 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria da norma UNI TS 11300-2

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92,6%	np	np	38,5%	35,6%

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

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

Non presente impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva a servizio del fabbricato.

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

Non presente impianto di ventilazione meccanica a servizio del fabbricato.

#### 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

TIPOLOGIA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO	ORE/GIORNO
Utenze con profili di funzionamento variabili	Computer	5	200	4000	1581	7,6
	Stampante multifunzione	1	300	2100	83	0,4
	Stampante da tavolo	2	2000	4000	83	0,4
Utenze con profili di funzionamento costanti	Centrali di allarme	1	300	300	~ 8760	~ 24

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 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 corpi illuminanti aule



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

PIANO EDIFICIO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Piano Terra	fluorescenti 1x18W	2	18	36
	fluorescenti 2x58W	56	116	6.496

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 ubicati nella mensa



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Non presente impianto di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili

### 5 CONSUMI RILEVATI

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

L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento al triennio 2014, 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

##### 5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

Nota (6) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un unico contatore a servizio della centrale termica per il riscaldamento degli ambienti. La sua effettiva ubicazione è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati

L'analisi dei consumi storici di Gas metano riferita ai consumi per l'impianto di riscaldamento si basa sui m<sup>3</sup> annui di gas metano forniti dalla PA e riportati nel file Excel "kyotoBaseline-EXXXX\_rev09" (i valori sono quelli forniti dalla società distributrice). Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.2 con indicazione del PDR di riferimento.

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm <sup>3</sup> ]	2015 [Sm <sup>3</sup> ]	2016 [Sm <sup>3</sup> ]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
016220050523412	Riscaldamento	-	5650	5571	-	53.223	52.479

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. L'andamento dei consumi stagionali del vettore energetico è stato desunto dal modello energetico dell'edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui forniti dalla PA.

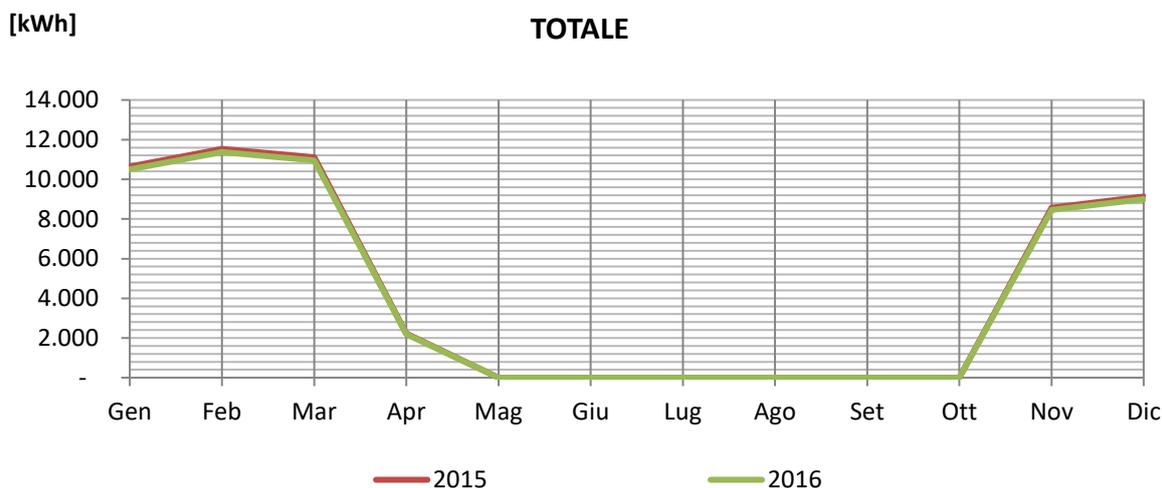
L'andamento mensile dei consumi è riportato nella Tabella 5.3.

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

PDR: 016220050523412	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	1.131	1.115	-	10.651	10.502
Febbraio	-	1.224	1.207	-	11.533	11.372
Marzo	-	1.179	1.162	-	11.105	10.950
Aprile	-	237	233	-	2.229	2.197
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	910	897	-	8.568	8.448
Dicembre	-	970	956	-	9.137	9.009
<b>Totale</b>	-	<b>5.650</b>	<b>5.571</b>	-	<b>53.223</b>	<b>52.479</b>

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che [il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore quasi nullo durante la stagione estiva e un valore di massimo prelievo, pari a circa 1.200smc, durante la stagione invernale.

I consumi annuali non hanno subito una sostanziale variazione e gli andamenti sono i medesimi nelle tre annualità considerate.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, valutato considerando il numero di utenze.

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

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

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

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

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono 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>REALI</sup> SU 103 GIORNI	GG <sup>RIF</sup> SU 103 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2015	894	867	5.650	53.223	60	51.616	-	-
2016	950	867	5.571	52.479	55	47.894	-	-
<b>Media</b>	<b>898</b>	<b>867</b>	<b>5.611</b>	<b>52.851</b>		<b>49.755</b>		

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento costante dei consumi, con lievi scarti in funzione delle diverse condizioni climatiche esterne e dei profili di funzionamento degli impianti.

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]
$\bar{Q}_{ACS}$	-
$\bar{Q}_{ALTRO}$	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	49.698
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>49.698</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un unico contatore e la cui effettiva ubicazione 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 del 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]
IT001E00096201	Scuola materna	9.751	11.166	14.382	11.766

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-E840) ed è emerso come questi ultimi fossero più alti di quelli riportati nelle fatture fornite.

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 **11.766 kWh/anno**.

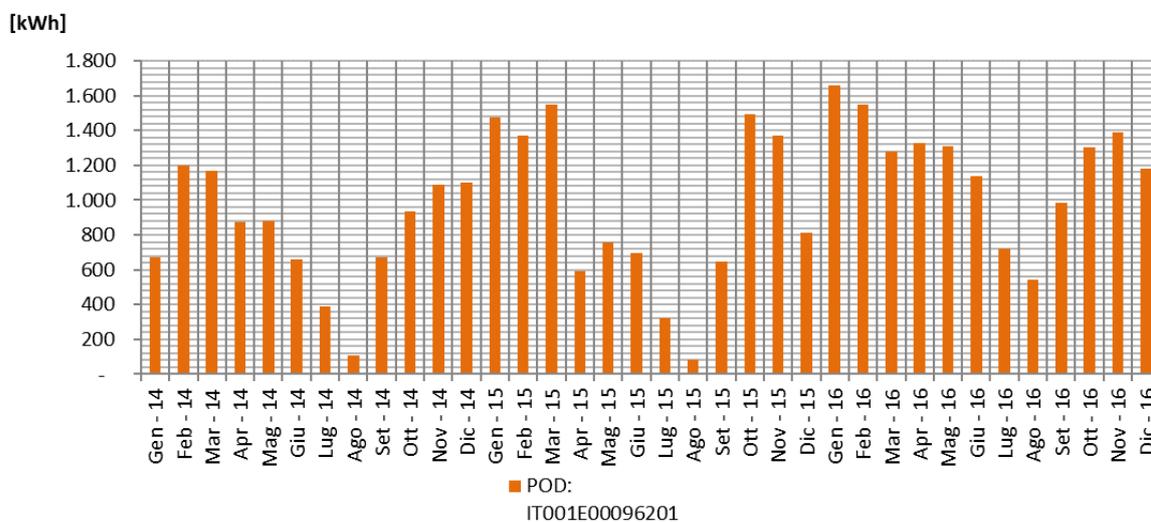
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096201	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	218	157	296	671
Feb - 14	904	148	148	1.200
Mar - 14	867	143	160	1.170
Apr - 14	600	115	161	876
Mag - 14	617	108	152	877
Giu - 14	471	78	112	661
Lug - 14	215	67	106	388
Ago - 14	15	22	71	108
Set - 14	461	98	113	672
Ott - 14	685	126	125	936
Nov - 14	790	135	165	1.090
Dic - 14	663	160	279	1.102
<b>Totale</b>	<b>6.506</b>	<b>1.357</b>	<b>1.888</b>	<b>9.751</b>
POD: IT001E00096201	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	842	256	380	1.478
Feb - 15	805	239	329	1.373
Mar - 15	911	254	382	1.547
Apr - 15	413	81	95	589
Mag - 15	465	109	185	759
Giu - 15	497	75	121	693
Lug - 15	142	63	114	319
Ago - 15	13	17	52	82
Set - 15	404	92	152	648
Ott - 15	919	256	318	1.493
Nov - 15	859	214	297	1.370
Dic - 15	505	130	180	815
<b>Totale</b>	<b>6.775</b>	<b>1.786</b>	<b>2.605</b>	<b>11.166</b>
POD: IT001E00096201	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.054	235	368	1.657
Feb - 16	1.036	218	296	1.550
Mar - 16	772	203	306	1.281

Apr - 16	741	242	345	1.328
Mag - 16	801	203	306	1.310
Giu - 16	676	181	281	1.138
Lug - 16	276	164	281	721
Ago - 16	155	124	262	541
Set - 16	515	196	272	983
Ott - 16	759	231	314	1.304
Nov - 16	859	222	307	1.388
Dic - 16	576	233	372	1.181
<b>Totale</b>	<b>8.220</b>	<b>2.452</b>	<b>3.710</b>	<b>14.382</b>

Si riporta di seguito un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi per il triennio di riferimento:

Figura 5.2 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali 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.

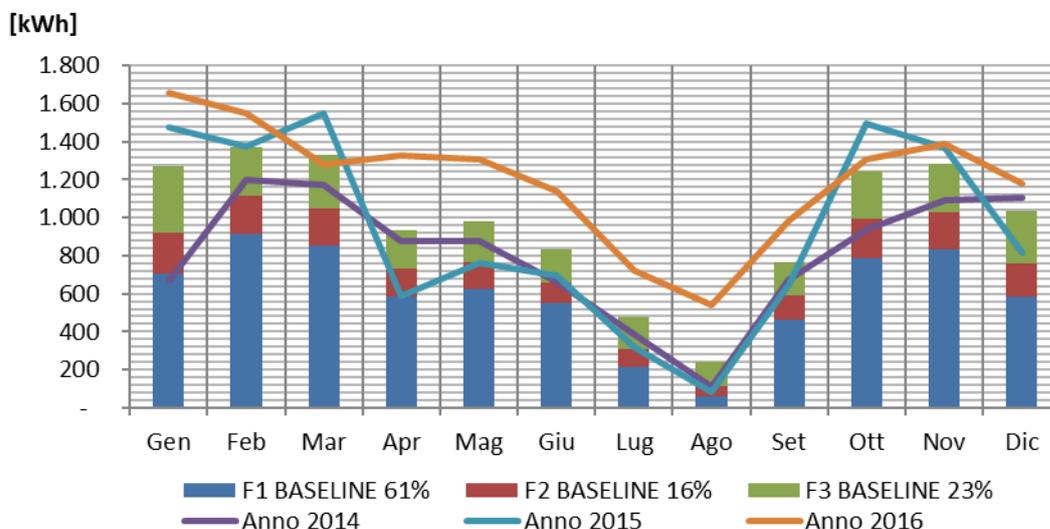
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
<b>Gen</b>	705	216	348	1.269
<b>Feb</b>	915	202	258	1.374
<b>Mar</b>	850	200	283	1.333
<b>Apr</b>	585	146	200	931
<b>Mag</b>	628	140	214	982
<b>Giu</b>	548	111	171	831
<b>Lug</b>	211	98	167	476
<b>Ago</b>	61	54	128	244
<b>Set</b>	460	129	179	768
<b>Ott</b>	788	204	252	1.244
<b>Nov</b>	836	190	256	1.283
<b>Dic</b>	581	174	277	1.033
<b>Totale</b>	<b>7.167</b>	<b>1.865</b>	<b>2.734</b>	<b>11.766</b>

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento ed il confronto con la baseline è riportato nel grafico in Figura 5.4

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

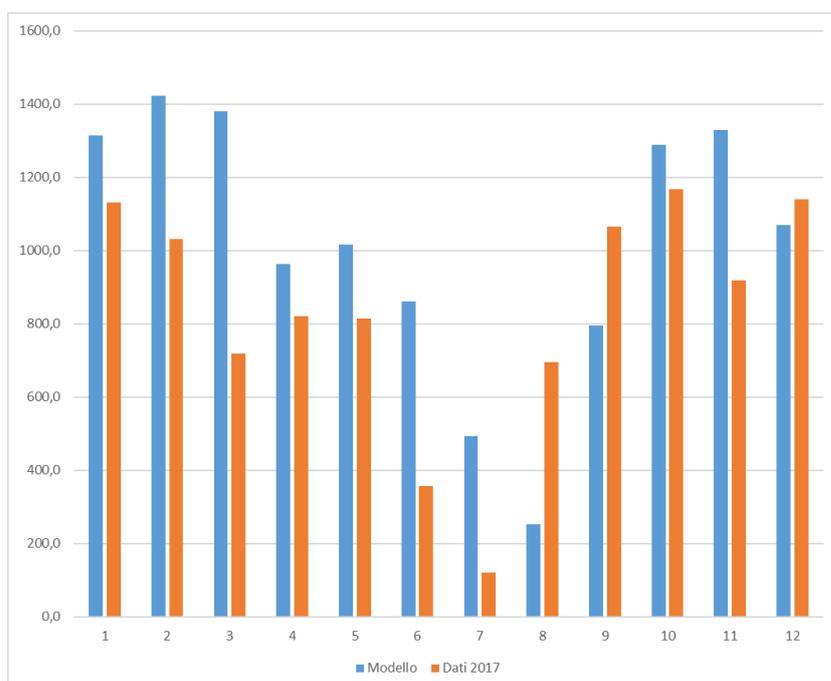


I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti omogenei con punte nei mesi invernali e consumi minimi durante i mesi estivi.

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.

Dall'analisi dei consumi fatturati è stato possibile però individuare una base costante di circa 250 kWh riconducibile ai consumi delle utenze sempre attive all'interno della scuola ed in particolare alla centrale di allarme che presenta un funzionamento continuo durante l'anno.

Di seguito si riporta il grafico di confronto tra l'andamento mensile dei consumi relativa al 2017 e l'andamento ricavato dal modello di consumo dell'energia elettrica derivato dalle analisi sui profili di funzionamento delle utenze rilevate in fase di sopralluogo.



## 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

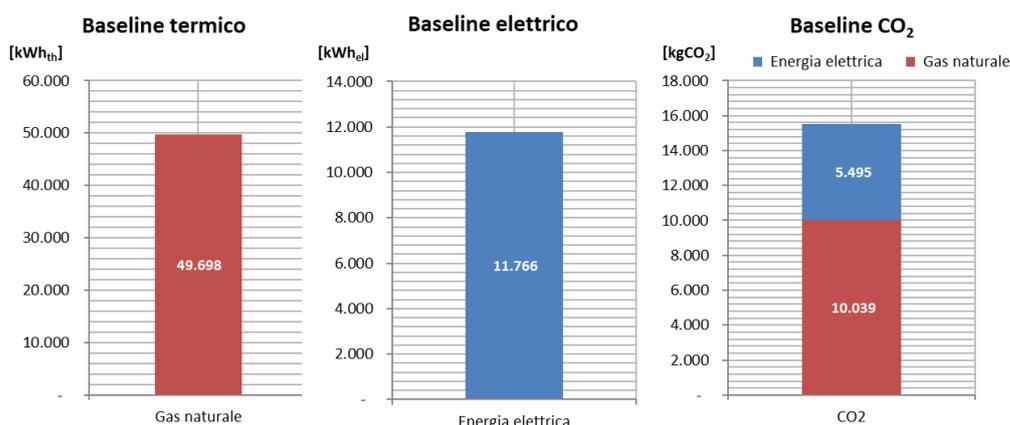
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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>. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO <sub>2</sub>
	[kWh]	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	[kgCO <sub>2</sub> ]
Gas naturale	49.698	0,202	10.039
Energia elettrica	11.766	0,467	5.495
<b>TOTALE</b>			<b>15.534</b>

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



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

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

COMBUSTIBILE	F <sub>P,nren</sub>	F <sub>P,ren</sub>	F <sub>P,tot</sub>
--------------	---------------------	--------------------	--------------------

Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	840	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	996	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	3.982	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 E ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	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	49.698	1,05	52.183	62,1	52,4	13,1	11,95	10,08	2,52
Energia elettrica	11.766	2,42	28.475	33,9	28,6	7,2	6,54	5,52	1,38
<b>TOTALE</b>			<b>80.658</b>	<b>96</b>	<b>81</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>4</b>

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE E 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	49.698	1,05	52.183	62,1	52,4	13,1	11,95	10,08	2,52
Energia elettrica	11.766	1,95	22.944	27,3	23,0	5,8	6,54	5,52	1,38
<b>TOTALE</b>			<b>75.127</b>	<b>89</b>	<b>75</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>4</b>

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

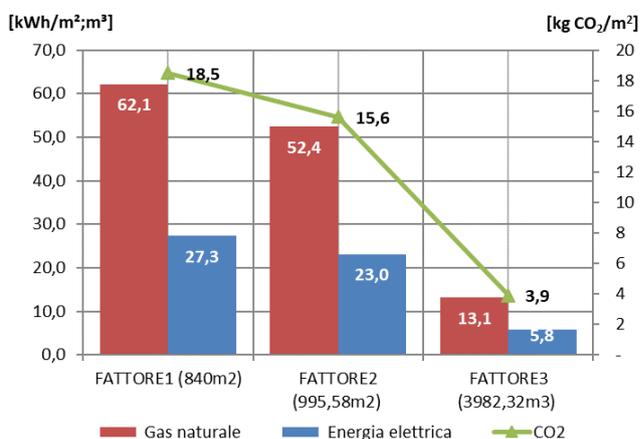
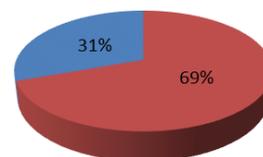
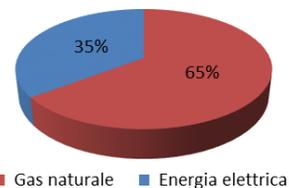


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria



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



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

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

- Fattore di forma dell'edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore  $F_e$ );
- 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/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>2</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	16,18	10,32	9,71	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	21,82	28,37	29,58

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo degli indici di consumo sufficienti per quanto riguarda il vettore termico mentre per quello elettrico la classificazione è insufficiente.

È però da evidenziare come il risultato riguardante le performance termiche siano ottimistiche poiché associate ai gradi giorno stagionali e non a quelli effettivi legati al funzionamento dell'impianto.

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	183,19	175,55
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	145,4	145,10
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	8,37	6,74
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	29,42	23,71
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	36	36

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	11.573	109.017,66
Energia Elettrica	-	13.654

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

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

Dove:

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

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

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

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

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando i profili di utilizzo rilevati 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	83,69	79,35
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	62,03	61,9
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	8,37	6,74
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	13,29	10,71
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	$CO_{2eq}$	Kg/ anno	13.869	13.869

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	4.938	46.515,96
Energia Elettrica	-	7.741

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]	[%]
49.005	49.698	1%

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.

Per la definizione del modello teorico di fabbisogno elettrico si sono analizzate tutte le utenze rilevate in fase di sopralluogo, associando a ciascuna di esse dei profili di funzionamento che fossero i più rappresentativi della condizione reale di funzionamento del fabbricato.

In prima istanza si è definita la "base elettrica" andando ad evidenziare tutte quelle utenze che durante tutto l'arco dell'anno non subiscono interruzioni nel loro funzionamento, nel caso particolare alle sole centrali di allarme, associando a ciascuna di esse un consumo medio giornaliero ricavato o dai dati del produttore o da bibliografia.

I consumi relativi alle utenze legate al funzionamento degli impianti di climatizzazione e produzione di ACS sono stati ricavati imputando tutte le caratteristiche tecniche dei componenti impiantistici nel modello energetico sviluppato con il software di calcolo EC700; i consumi associati a queste utenze sono infatti direttamente correlati ai profili di funzionamento degli impianti interessati.

Per quanto riguarda invece sistemi di illuminazione e carichi elettrici ausiliari, si sono modellati dei profili di funzionamento annui rispondenti a quanto rilevato in fase di sopralluogo.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
12.184	11.766	3%

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

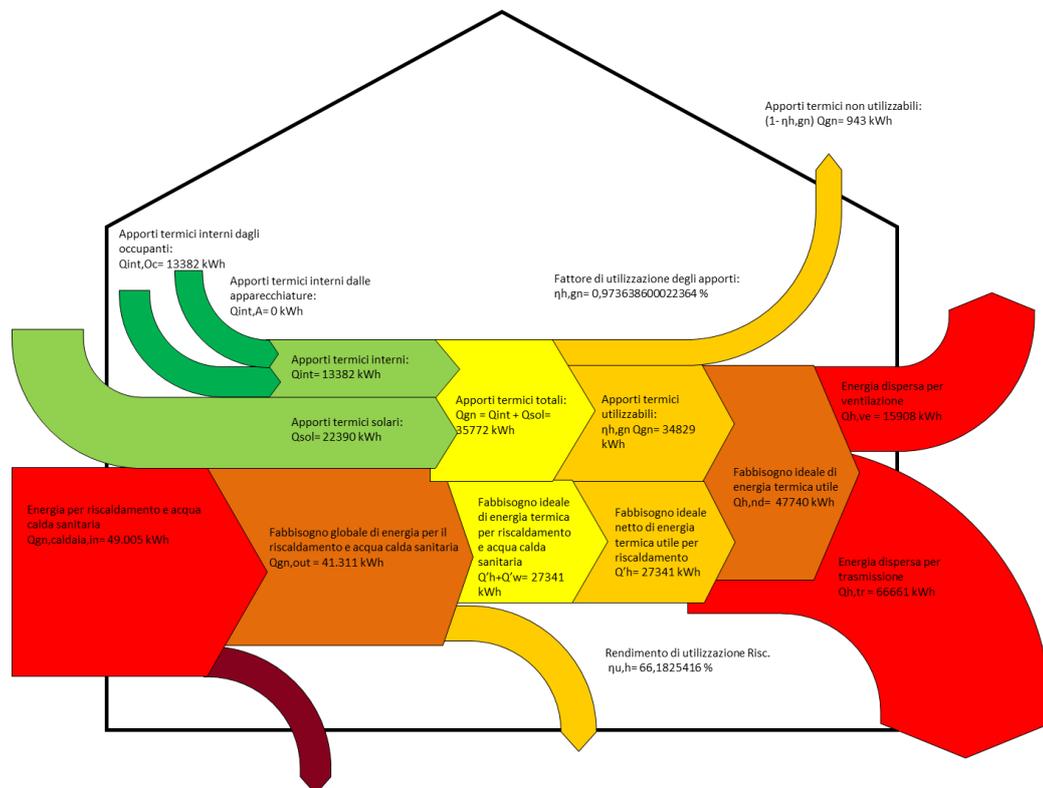
descrive l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio termico, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico.

Nella redazione del modello non sono stati considerati gli apporti interni derivanti dalle apparecchiature presenti all'interno dei locali scolastici in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.

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

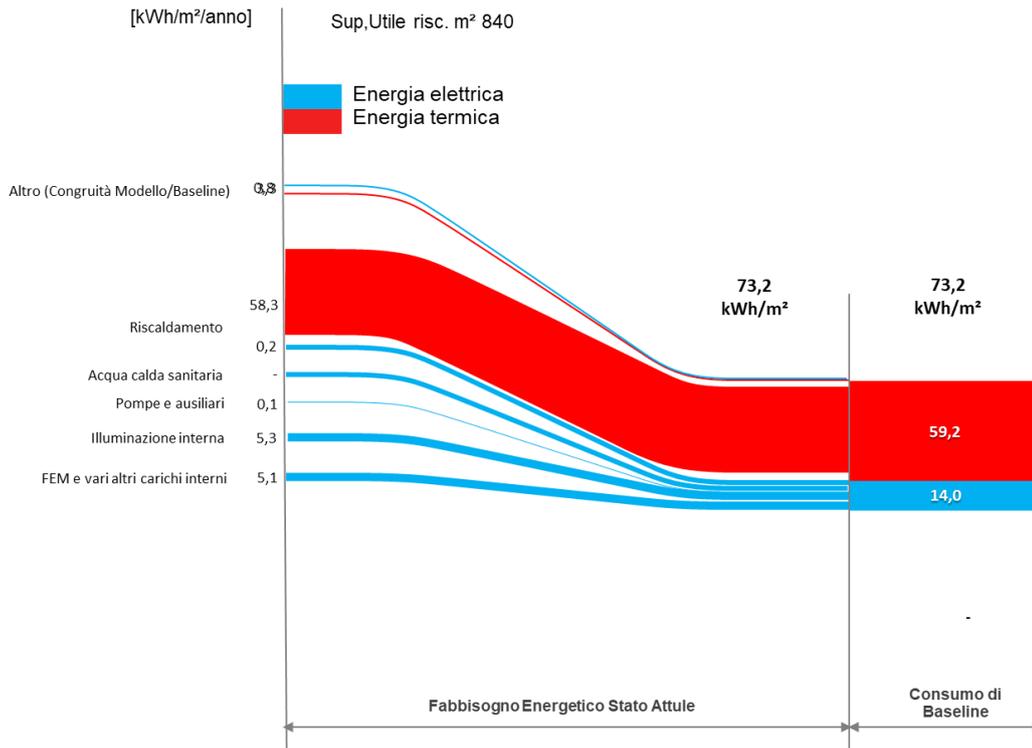
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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/(m²anno), 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 alla baseline.

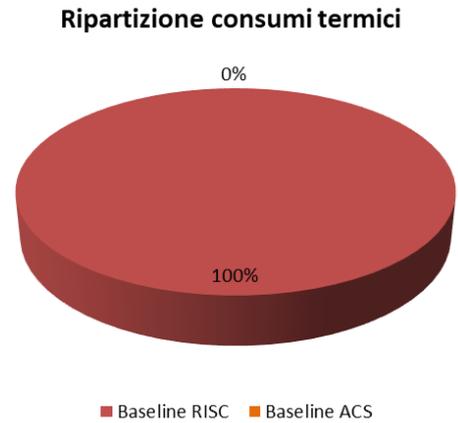
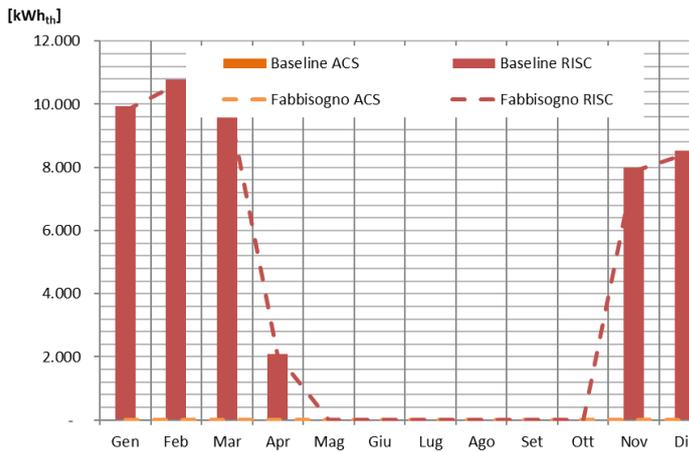
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 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



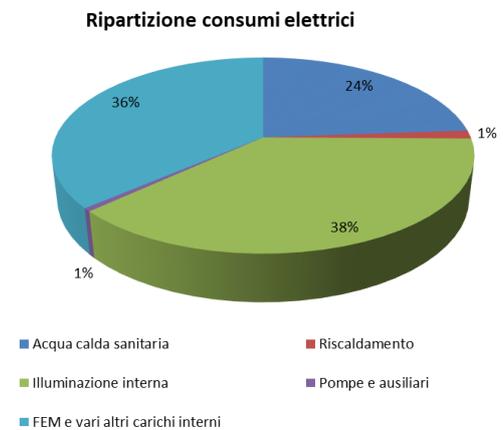
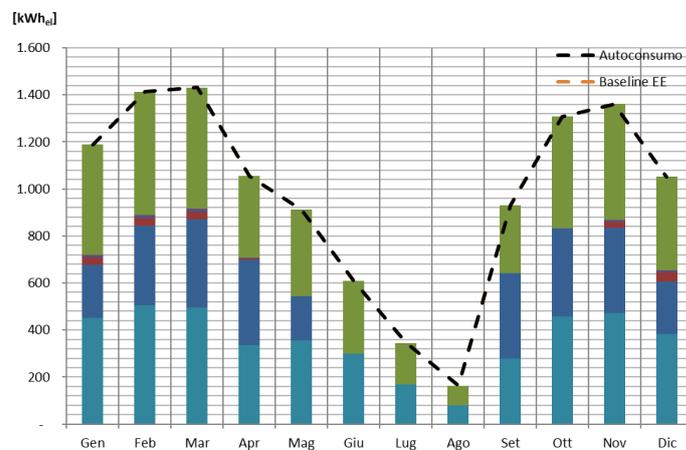
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come gli esigui consumi elettrici siano quasi equamente suddivisi tra illuminazione interna dei locali, produzione di ACS e ausiliari elettrici dell'impianto di riscaldamento.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

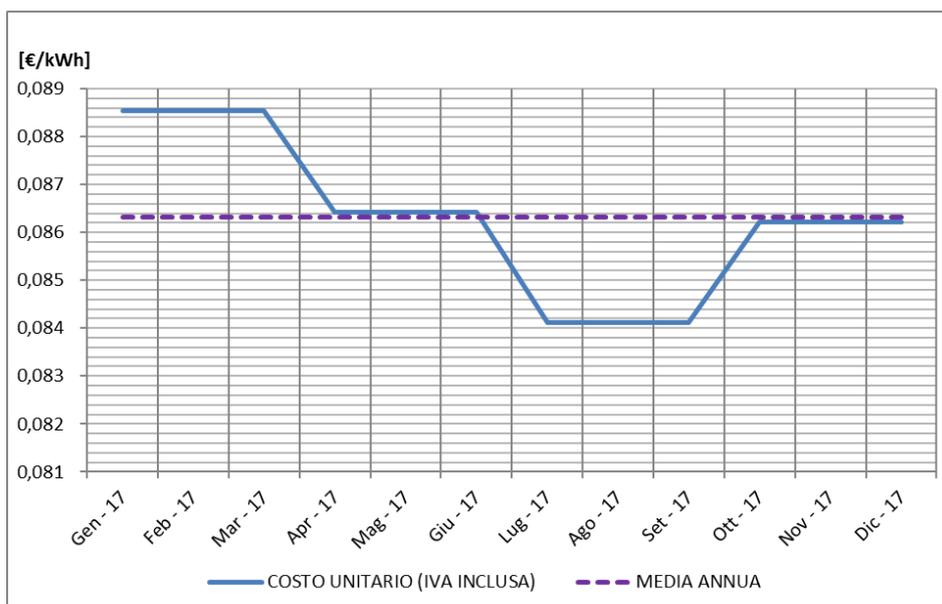
L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio riguarda le annualità per le quali sono stati rilevati i consumi storici, pertanto si assumono come periodo di riferimento gli anni 2014 – 2015 – 2016.

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un PDR presente all'interno dell'edificio, PDR – 016220050523412, con 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.

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'ARERA per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti.

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



#### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico POD presente all'interno dell'edificio, POD – IT001E00096201: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.1 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: IT001E00096201	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova		

Società di fornitura	EDISON Energia SpA	GALA SpA	IREN Mercato SpA
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	04/2016
Fine periodo fornitura	03/2015	03/2016	In essere
Potenza elettrica impegnata			
Potenza elettrica disponibile	28kW		
Tipologia di contratto	Forniture in BT		
Opzione tariffaria <sup>(7)</sup>	Contatore orario		
Prezzi della fornitura dell'energia elettrica <sup>(8)</sup>	0,0765 €/kWh	0,0552 €/kWh	0,0683 €/kWh

Nota (7) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (8): 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: IT001E00096201	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	48	8	109	8	17	191	671	0,285
Feb - 14	95	16	162	15	29	316	1.200	0,263
Mar - 14	92	15	159	15	28	309	1.170	0,264
Apr - 14	68	15	138	11	23	255	876	0,291
Mag - 14	68	15	136	11	23	254	877	0,289
Giu - 14	51	11	82	8	15	168	661	0,255
Lug - 14	30	7	48	5	9	99	388	0,255
Ago - 14	7	2	76	1	9	95	108	0,878
Set - 14	52	11	122	8	19	212	672	0,316
Ott - 14	73	14	146	12	24	268	936	0,286
Nov - 14	83	16	160	14	27	300	1.090	0,275
Dic - 14	80	16	162	14	27	299	1.102	0,271
<b>Totale</b>	<b>746</b>	<b>145</b>	<b>1.501</b>	<b>122</b>	<b>251</b>	<b>2.766</b>	<b>9.751</b>	<b>0,284</b>
POD: IT001E00096201	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	103	19	189	18	33	362	1.478	0,245
Feb - 15	91	18	179	17	31	336	1.373	0,245
Mar - 15	98	20	191	19	33	362	1.547	0,234
Apr - 15	34	68	46	7	15	170	589	0,289
Mag - 15	43	68	59	9	18	197	759	0,260
Giu - 15	32	68	50	8	16	173	693	0,249
Lug - 15	17	68	26	4	12	127	319	0,398
Ago - 15	5	68	8	1	8	89	82	1,090
Set - 15	31	68	51	8	16	175	648	0,269
Ott - 15	67	68	132	20	29	315	1.493	0,211

Nov - 15	60	68	120	17	27	292	1.370	0,213
Dic - 15	36	68	68	10	18	200	815	0,245
<b>Totale</b>	<b>616</b>	<b>670</b>	<b>1.118</b>	<b>140</b>	<b>254</b>	<b>2.799</b>	<b>11.166</b>	<b>0,251</b>
<b>POD: IT001E00096201</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)</b>
<b>ANNO 2016</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[KWH]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gen - 16	114	40	130	21	30	334	1.657	0,202
Feb - 16	86	40	121	19	27	293	1.550	0,189
Mar - 16	66	65	101	16	25	273	1.281	0,213
Apr - 16	79	76	105	17	28	304	1.328	0,229
Mag - 16	92	110	111	16	33	362	1.310	0,277
Giu - 16	68	65	90	14	24	260	1.138	0,229
Lug - 16	51	60	61	9	18	199	721	0,277
Ago - 16	34	58	49	7	15	163	541	0,302
Set - 16	78	51	76	13	22	240	983	0,244
Ott - 16	104	67	101	16	29	317	1.304	0,243
Nov - 16	114	78	109	18	32	350	1.388	0,252
Dic - 16	97	66	93	15	27	297	1.181	0,252
<b>Totale</b>	<b>982</b>	<b>775</b>	<b>1.147</b>	<b>180</b>	<b>308</b>	<b>3.393</b>	<b>14.382</b>	<b>0,236</b>

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

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

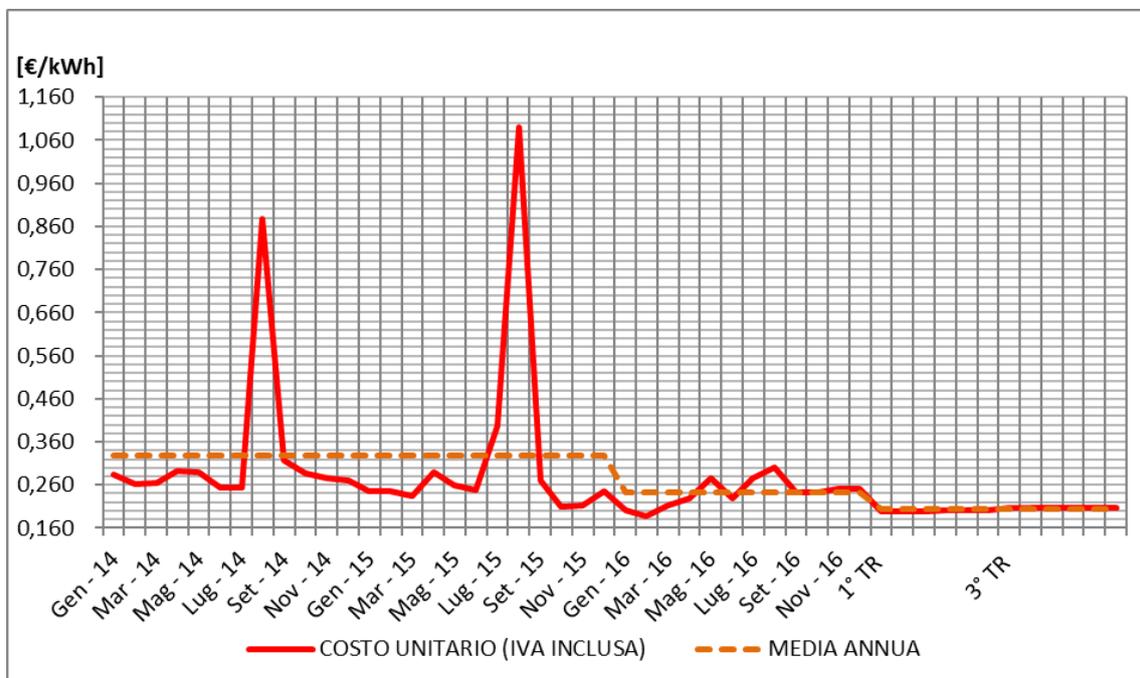
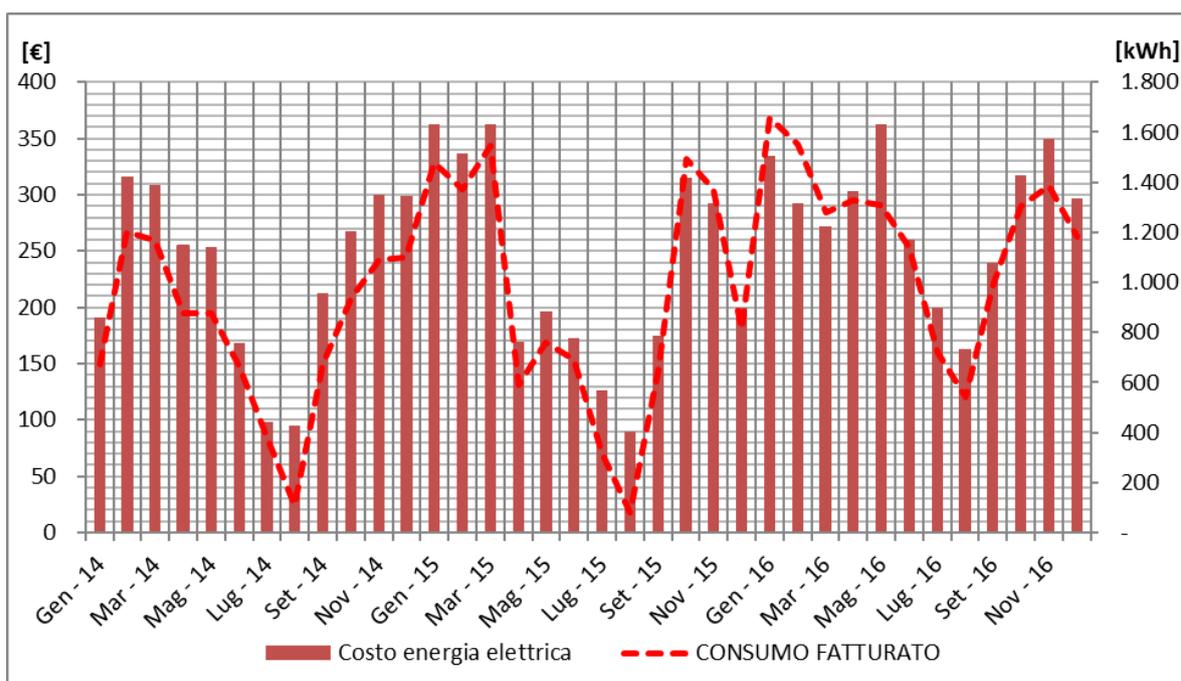


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi, ad eccezione dell'anno 2014, è omogeneo tra le quattro 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	0	nd	-	9.751	2.766	0,284	nd
2015	53223	nd	-	11.166	2.799	0,251	nd
2016	52479	nd	-	14.382	3.393	0,236	nd
2017	-	4.357	0,0877	-	2.380	0,202	6.738

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	Cu <sub>Q</sub>	0,088 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu <sub>E</sub>	0,202 [€/kWh]

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

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

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa ai seguenti impianti:

- L1-042-056

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a **9.344,5€**.

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

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

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

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

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

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	$C_{MO}$ 3.940	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{MS}$ 1.047	[€/anno]

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

### 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

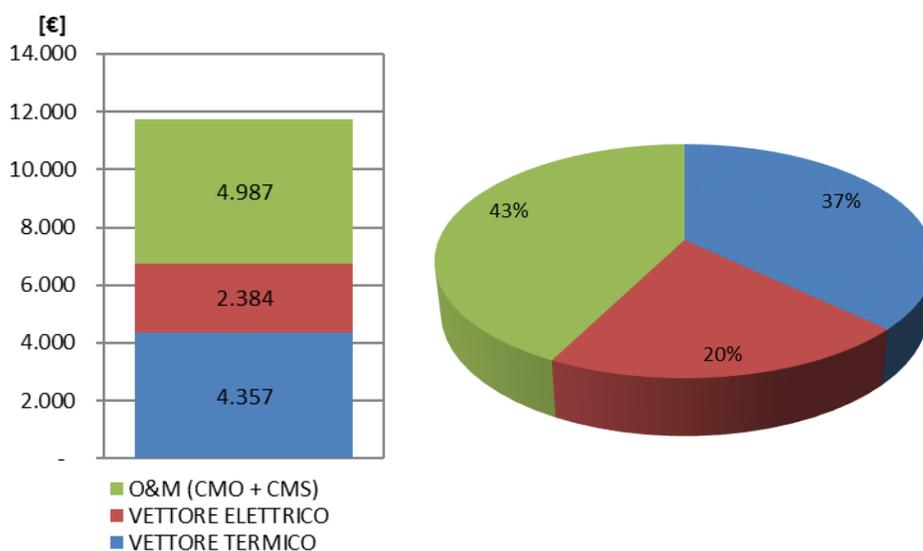
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 6.742 € e un  $C_{baseline}$  pari a 11.729 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$CQ+C_{EE}+C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
49.698	0,088	4.357	11.766	0,203	2.384	4.987	3.940	1.047	11.729

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM1: 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 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.

##### Prestazioni raggiungibili

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

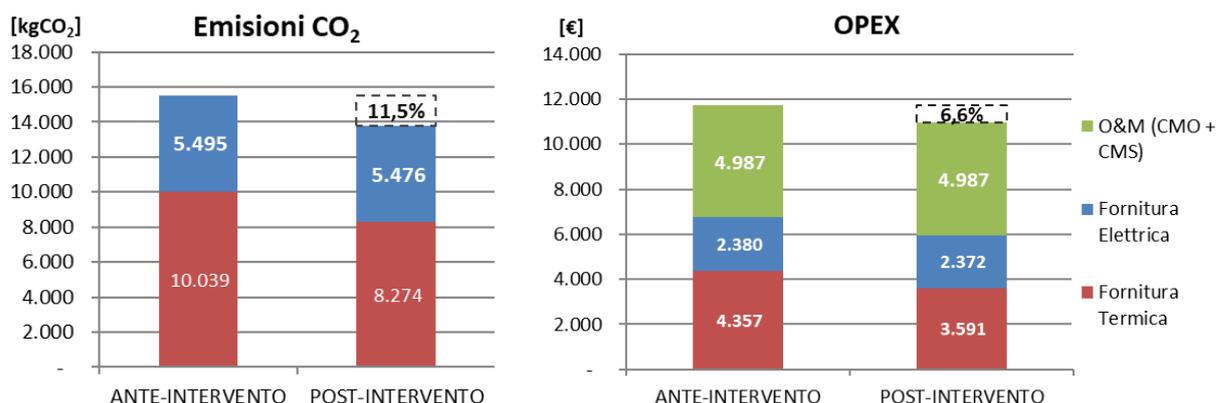
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 – Trasmittanza termica	[W/m <sup>2</sup> K]	3,5	1,2	65,7%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	49.005	40.391	17,6%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	12.184	12.143	0,3%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	49.698	40.962	17,6%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	11.766	11.727	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.039	8.274	17,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.495	5.476	0,3%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>15.534</b>	<b>13.751</b>	<b>11,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	4.357	3.591	17,6%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.380	2.372	0,3%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>6.738</b>	<b>5.964</b>	<b>11,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	3.940	3.940	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.047	1.047	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	4.987	4.987	0,0%
OPEX	[€]	11.725	10.951	6,6%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

Nota (9) 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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,177 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### EEM2: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

##### Generalità

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione del generatore di calore, ormai vetusto, con una caldaia a condensazione e la contestuale installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio.

L'intervento ha la finalità di ridurre il fabbisogno energetico del fabbricato e 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 EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.2. 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 presenza di un nuovo generatore di calore più performante e 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.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Installazione termovalvole

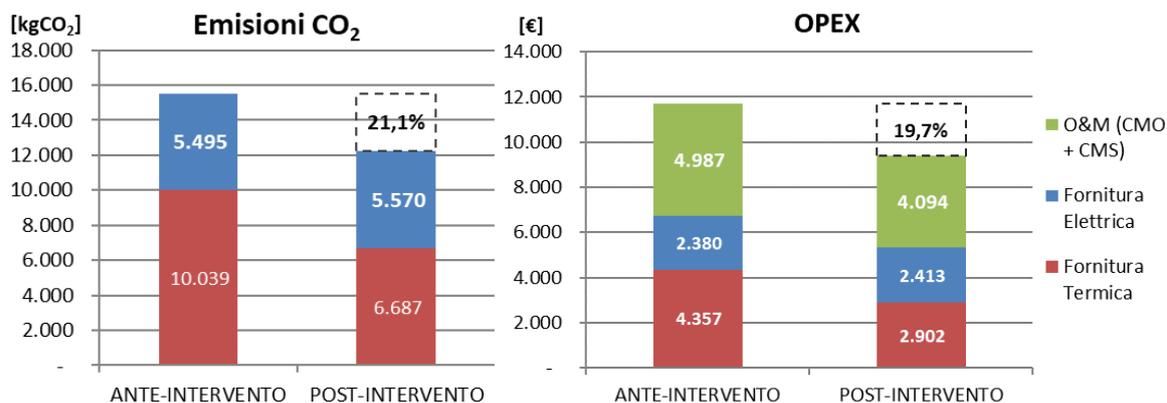
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EM2 – rendimento</b>	$\eta$	92%	136%	-47,8%
<b>Q<sub>teorico</sub></b>	[kWh]	49.005	32.642	33,4%
<b>EE<sub>teorico</sub></b>	[kWh]	12.184	12.351	-1,4%
<b>Q<sub>baseline</sub></b>	[kWh]	49.698	33.104	33,4%
<b>EE<sub>Baseline</sub></b>	[kWh]	11.766	11.927	-1,4%
<b>Emiss. CO2 Termico</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.039	6.687	33,4%
<b>Emiss. CO2 Elettrico</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.495	5.570	-1,4%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	15.534	12.257	21,1%
<b>Fornitura Termica, C<sub>Q</sub></b>	[€]	4.357	2.902	33,4%
<b>Fornitura Elettrica, C<sub>EE</sub></b>	[€]	2.380	2.413	-1,4%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	[€]	6.738	5.315	21,1%
<b>C<sub>MO</sub></b>	[€]	3.940	3.152	20,0%
<b>C<sub>MS</sub></b>	[€]	1.047	943	10,0%

O&M (C <sub>Mo</sub> + C <sub>Ms</sub> )	[€]	4.987	4.094	17,9%
OPEX	[€]	11.725	9.410	19,7%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

Nota (10) 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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,177 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.2 – EEM2: 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

#### EEM3: 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.

##### Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

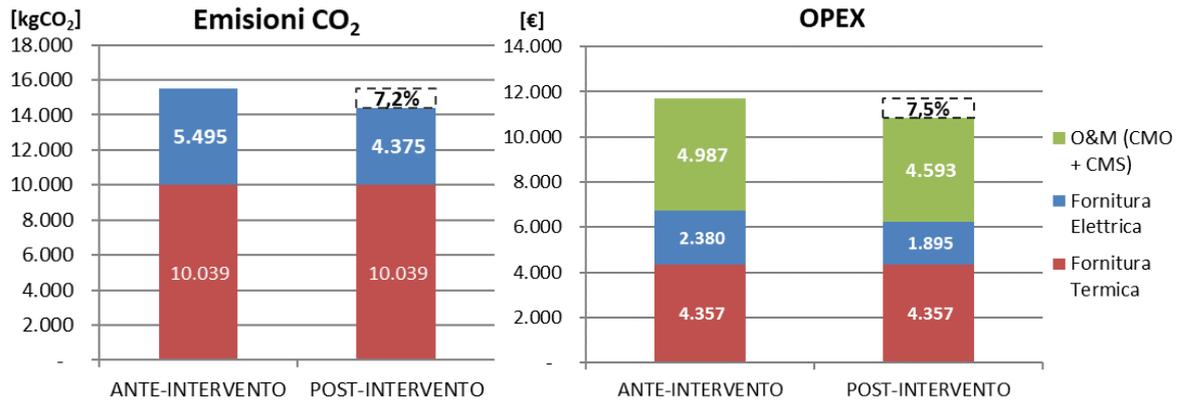
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 – Potenza installata	[W]	116	48	58,6%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	49.005	49.005	0,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	12.184	9.702	20,4%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	49.698	49.698	0,0%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	11.766	9.369	20,4%
Emiss. CO <sub>2</sub> Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.039	10.039	0,0%
Emiss. CO <sub>2</sub> Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.495	4.375	20,4%
Emiss. CO <sub>2</sub> TOT	[kgCO <sub>2</sub> ]	15.534	14.414	7,2%
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	4.357	4.357	0,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.380	1.895	20,4%
Fornitura Energia, C <sub>E</sub>	[€]	6.738	6.253	7,2%

<b>C<sub>MO</sub></b>	[€]	3.940	3.546	10,0%
<b>C<sub>MS</sub></b>	[€]	1.047	1.047	0,0%
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	[€]	4.987	4.593	7,9%
<b>OPEX</b>	[€]	11.725	10.846	7,5%
<b>Classe energetica</b>	[-]	F	F	-

Nota (11) 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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,177 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### EEM1: Sostituzione serramenti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei serramenti esistenti.

La realizzazione di tale intervento 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 descritto al Paragrafo 9.3.2.

La scelta di ricorrere al prezzario DEI piuttosto che al Prezzario Regione Liguria è stata quindi dettata dall'esigenza di prevedere delle soluzioni tecnologiche che, per le caratteristiche prestazionali offerte, consentissero l'accesso a forme incentivanti quali il "Conto Termico".

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione serramenti

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
25.A05.F10.020	Rimozione senza recupero di serramenti, in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare, per misurazione minima 2 m <sup>2</sup>	Prezzario Regione Liguria	94,0	m <sup>2</sup>	€ 30,11	€ 27,37	€ 2.572,22	22%	€ 3.138,10
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 rinforzate 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)	Prezzario DEI	35	cad	€ 520,00	€ 472,73	€ 16.545,45	22%	€ 20.185,45
PR. A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portafinestre e simili, in legno.	Prezzario Regione Liguria	38,8	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 267,55	22%	€ 326,41

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	14	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 150,82	22%	€ 184,00
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	93,97	mq	€ 48,53	€ 44,12	€ 4.145,79	22%	€ 5.057,86
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 710,45	22%	€ 866,75
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.657,73	22%	€ 2.022,43
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>€ 26.050</b>	<b>22%</b>	<b>€ 31.781</b>

### EEM2: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

Nella Figura 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, 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 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione termovalvole

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
PR.C76.B10.005	Caldia a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 113 Kw circa	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 7.969,50	€ 7.245,00	€ 7.245,00	22%	€ 8.838,90
PR.C84.C05.515	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	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 232,76	€ 211,60	€ 211,60	22%	€ 258,15
40.C10.B10.120	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 392,78	€ 357,07	€ 357,07	22%	€ 435,63

	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	€ 21,13	€ 19,21	€ 288,14	22%	€ 351,53
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 25,87	22%	€ 31,56
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 469,23	22%	€ 572,46
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.159,27	22%	€ 1.414,31
20.A15.B10.015	Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 429,09	22%	€ 523,49
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	40	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 1.288,00	22%	€ 1.571,36

PR.C47.H10.145	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
40.E10.A10.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 88,49	22%	€ 107,96
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	16	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 473,37	22%	€ 577,51
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 496,97	22%	€ 606,30
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.159,59	22%	€ 1.414,69
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> - EEM1)</b>							<b>€ 18.222</b>	<b>22%</b>	<b>€ 22.231</b>
	<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>€ 5.980</b>
	<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
	<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 1.196</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 **115kW**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **193€/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 (% <sub>spesa</sub> )	Costo massimo ammissibile C <sub>max</sub>	Valore massimo dell'incentivo I <sub>max</sub> [€]
Generatori di calore a condensazione con P <sub>n.int</sub> ≤ 35 kW <sub>t</sub>	40 (**)	160 €/kW <sub>t</sub>	3.000
Generatori di calore a condensazione con P <sub>n.int</sub> > 35 kW <sub>t</sub>	40 (**)	130 €/kW <sub>t</sub>	40.000

### EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, 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 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, installata a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	42	cad	€ 185,50	€ 168,64	€ 7.082,73	22%	€ 8.640,93
205015g	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 58 W	DEI Imp. Ele. 2017	42	cad	€ 13,39	€ 12,17	€ 511,25		€ 511,25
M01003a	Operaio edile qualificato	DEI Imp. Ele. 2016	42	€/ora	€ 26,78	€ 24,35	€ 1.022,51	22%	€ 1.247,46
M01004a	Operaio edile comune	DEI Imp. Ele. 2016	42	€/ora	€ 24,12	€ 21,93	€ 920,95	22%	€ 1.123,55
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 286,12	22%	€ 349,07
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 687,65	22%	€ 838,93

TOTALE (I <sub>0</sub> – EEM1)		€ 10.511	22%	€ 12.711
Incentivi	[Conto termico]			€ 5.084,48
Durata incentivi				5
Incentivo annuo				€ 1.016,90

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>: superficie12 oggetto dell'intervento (m2) – pari a circa **680mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **18,7 €/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, l' $I_0$ , e il TRS.

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

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

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

### EEM1: Sostituzione serramenti

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

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PAREMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	31.781
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	35,3	35,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	55,0	55,0
Valore attuale netto	VAN	- 14.892	- 14.892
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,2%	-1,2%
Indice di profitto	IP	-0,47	-0,47

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

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

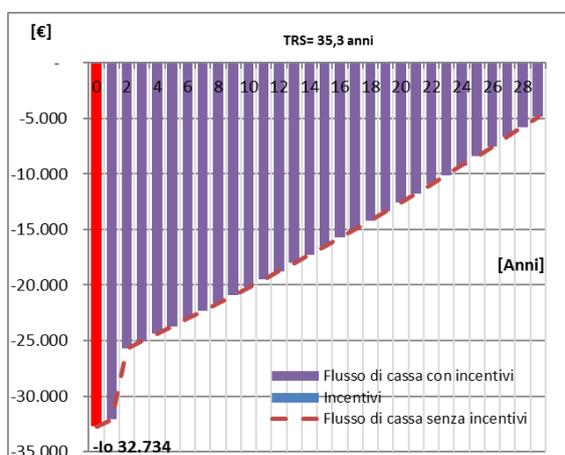
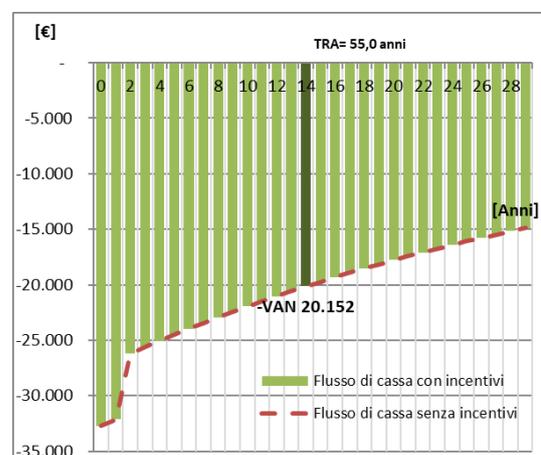


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, con l'accesso alla forma incentivante del conto termico, risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 25 anni.

### **EEM2: Installazione termovalvole**

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	22.231
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	1.196
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	9,5	6,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	12,5	8,7
Valore attuale netto	VAN	2.193	7.518
Tasso interno di rendimento	TIR	5,6%	9,7%
Indice di profitto	IP	0,10	0,34

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

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

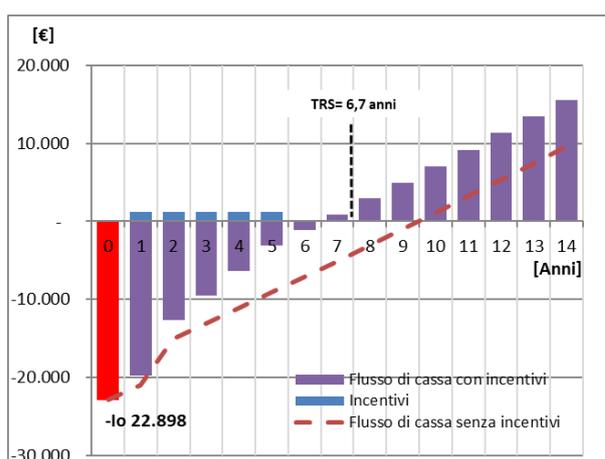
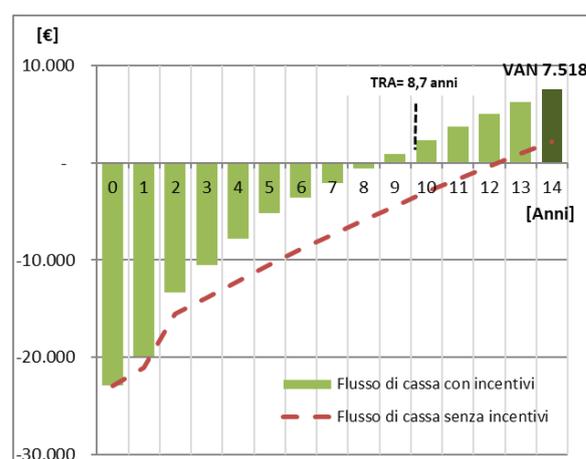


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 9 anni.

### **EEM3: Sostituzione corpi illuminanti**

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
-----------------------	------	--------

Investimento Iniziale	<b>I<sub>0</sub></b>	€	12.711
Oneri Finanziari % <sub>0</sub>	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	8
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	1.017
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%
<b>INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO</b>		<b>VALORE SENZA INCENTIVI</b>	<b>VALORE CON INCENTIVI</b>
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	13,9	8,3
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	15,9	9,4
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 6.494	- 1.967
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-13,9%	-1,1%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,51	-0,15

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.9 e Figura 9.10Figura 9.8.

Figura 9.5 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

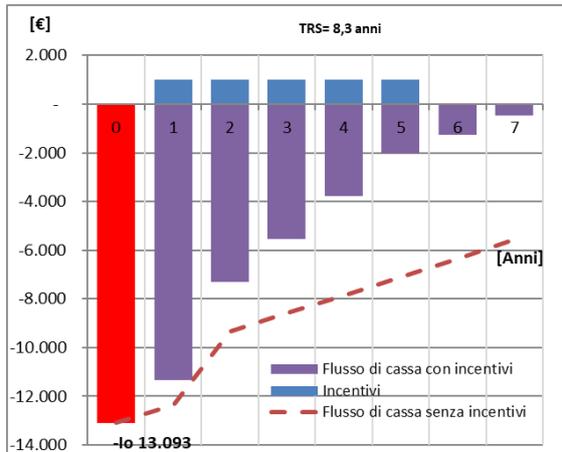
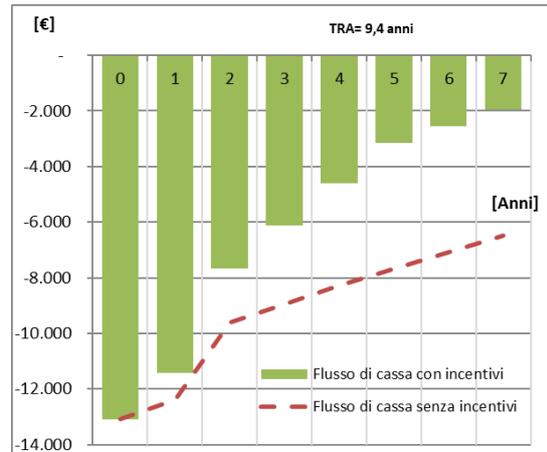


Figura 9.6 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, pur attraverso la forma incentivante del conto termico, non risulta economicamente vantaggioso poiché i tempi di ritorno sono superiori agli 8 anni.

**Sintesi**

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.7 e Tabella 9.8.

Tabella 9.7 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	%Δ <sub>€</sub> [%]	%Δ <sub>CO2</sub> [%]	ΔC <sub>€</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MO</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MS</sub> [€/anno]	I <sub>0</sub> [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	11%	11%	774	0	0	31.781	35,3	55,0	25	-14.892	-1,2%	-0,47
EEM 2	21%	21%	1.422	788	105	22.231	9,5	12,5	15	2.193	5,6%	0,10
EEM 3	7%	7%	486	394	0	12.711	13,9	15,9	15	-6.494	-13,9%	-0,51

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 alla baseline energetica complessivo (termico + elettrico);
- $\% \Delta_{CO_2}$  è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> rispetto alla baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta_{CE}$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta_{CMO}$  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 9.8 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	$\% \Delta_E$ [%]	$\% \Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta_{CE}$ [€/anno]	$\Delta_{CMO}$ [€/anno]	$\Delta_{CMS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	11%	11%	774	0	0	31.781	35,3	55,0	25	-14.892	-1,2%	-0,47
EEM 2	21%	21%	1.422	788	105	22.231	6,7	8,7	15	7.517	9,7%	0,34
EEM 3	7%	7%	486	394	0	12.711	8,3	9,4	15	-1.967	-1,1%	-0,15

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie all'accesso alla forma incentivante del conto termico tutti gli interventi risultano essere economicamente convenienti.

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: EEM2+EEM3:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di corpi illuminanti, del generatore di calore e l'installazione di termovalvole
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di serramenti, corpi illuminanti, sostituzione del generatore di calore ed installazione di termovalvole

### 9.3.1 Scenario 1: EEM2+EEM3

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

- EEM2: sostituzione generatore di calore ed installazione di termovalvole
- EEM3: sostituzione di corpi illuminanti

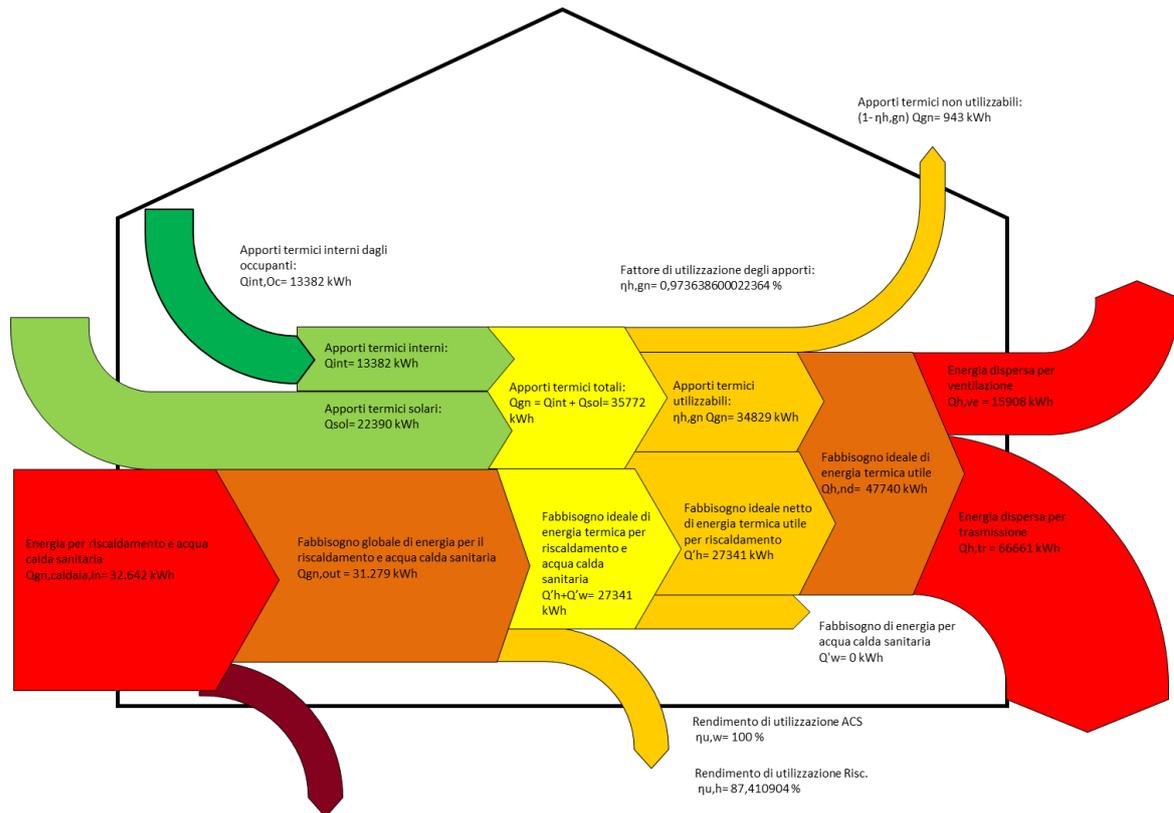
Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	16.566	3.644	20.210
EEM3 Fornitura & Posa	9.537	2.098	11.636
Costi per la sicurezza	783	172	955
Costi per la progettazione	1.847	406	2.254
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>28.733</b>	<b>6.321</b>	<b>35.055</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	3.152	943	4.094
EEM3 O&M	3.546	1.047	4.593
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.758</b>	<b>943</b>	<b>3.700</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	

Incentivi	[Conto termico]	11.064
Durata incentivi		5
Incentivo annuo		2.213

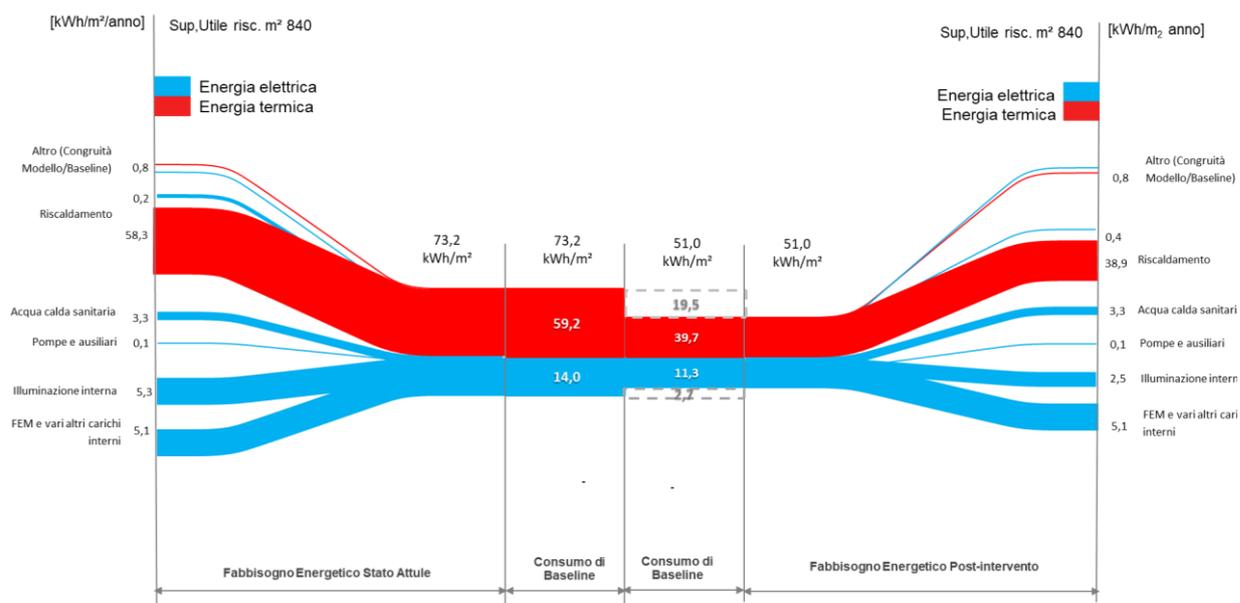
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.7 – 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.

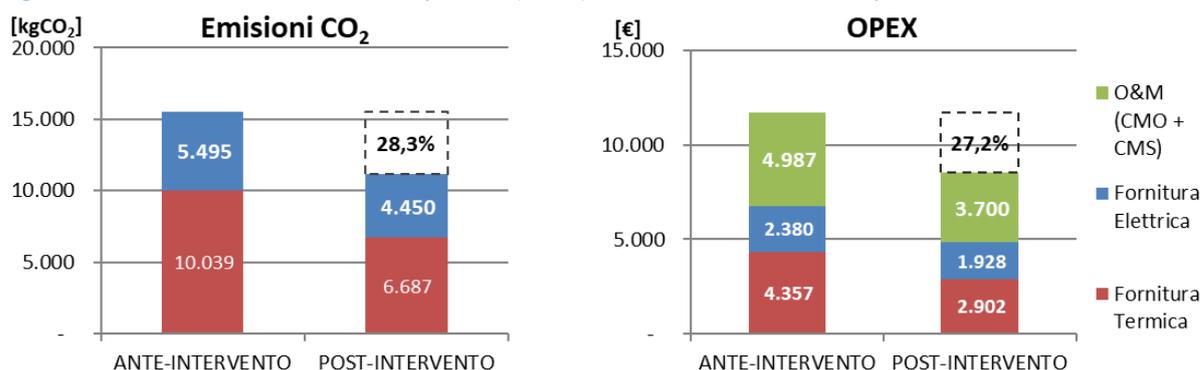
Figura 9.8 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 e nella Figura 9.9

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 – EEM1+EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EM2 - Rendimento</b>	$\eta$	0,92	1,36	-47,8%
<b>EM3 – Potenza installata</b>	[W]	116	48	58,6%
<b>Q<sub>teorico</sub></b>	[kWh]	49.005	32.642	33,4%
<b>EE<sub>teorico</sub></b>	[kWh]	12.184	9.868	19,0%
<b>Q<sub>baseline</sub></b>	[kWh]	49.698	33.104	33,4%
<b>EE<sub>Baseline</sub></b>	[kWh]	11.766	9.530	19,0%
<b>Emiss. CO2 Termico</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.039	6.687	33,4%
<b>Emiss. CO2 Elettrico</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.495	4.450	19,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	15.534	11.137	28,3%
<b>Fornitura Termica, C<sub>Q</sub></b>	[€]	4.357	2.902	33,4%
<b>Fornitura Elettrica, C<sub>EE</sub></b>	[€]	2.380	1.928	19,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	[€]	6.738	4.830	28,3%
<b>C<sub>MO</sub></b>	[€]	3.940	2.758	30,0%
<b>C<sub>MS</sub></b>	[€]	1.047	943	10,0%
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	[€]	4.987	3.700	25,8%
<b>OPEX</b>	[€]	11.725	8.531	27,2%
<b>Classe energetica</b>	[-]	F	E	+1CLASSE

Figura 9.9 - 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 9.11, Tabella 9.12 e Tabella 9.13 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM2+EEM3

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_o$	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)	$n_D$	6
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	35.055
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	1.052
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	36.106
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,8
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	20,00%
Debito	$I_D$	28.885
Equity	$I_E$	7.221
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	5
Rata annua debito	$q_D$	5.394
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	32.365
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	3.480

Tabella 9.12 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>E0</sub></b>	6.738
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>M0</sub></b>	4.987
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	<b>C<sub>Baseline</sub></b>	11.725
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>Altro</sub></b>	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%ΔC<sub>E</sub></b>	0,28
Riduzione% costi O&M	<b>%ΔC<sub>M</sub></b>	0,26
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%C<sub>Baseline</sub></b>	0,05
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	2.592
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	586
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	26.175
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	3.821
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	14
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	0,29
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	<b>C<sub>ESCO</sub></b>	737
Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	249
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	1.020
Canone O&M €/anno	<b>C<sub>nM</sub></b>	3.842
Canone Energia €/anno	<b>C<sub>nE</sub></b>	5.291
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>C<sub>nS</sub></b>	9.133
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>C<sub>nD</sub></b>	2.006
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>C<sub>n</sub></b>	11.139
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	0,22
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	6.321
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	15.500
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.13 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria dello SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	7
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	10
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	4.980
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	0,07
Indice di Profitto	<b>IP</b>	0,14
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	9
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	11,38
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	1.935
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	0,13
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	1,02
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	1,65
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	0,06

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

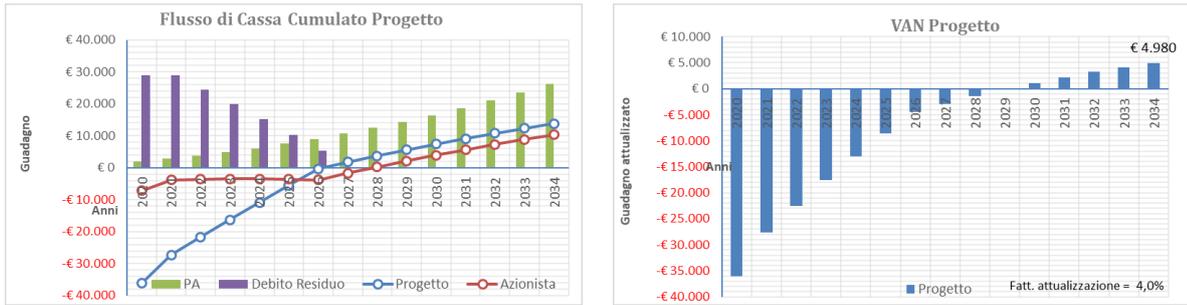
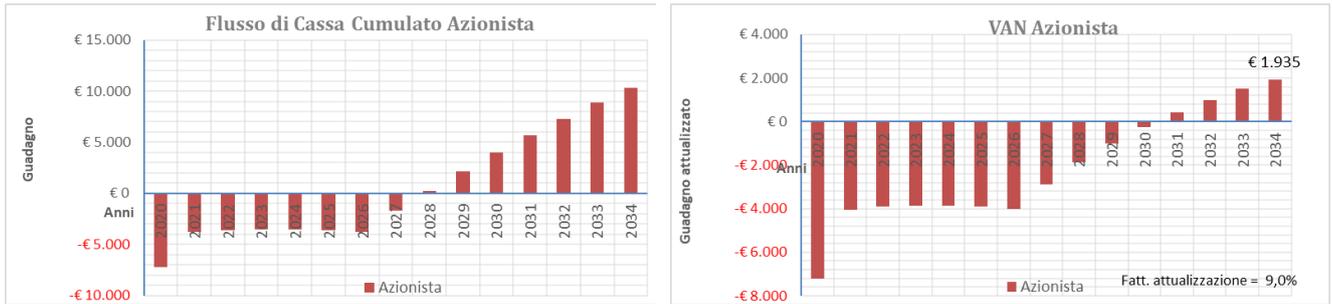


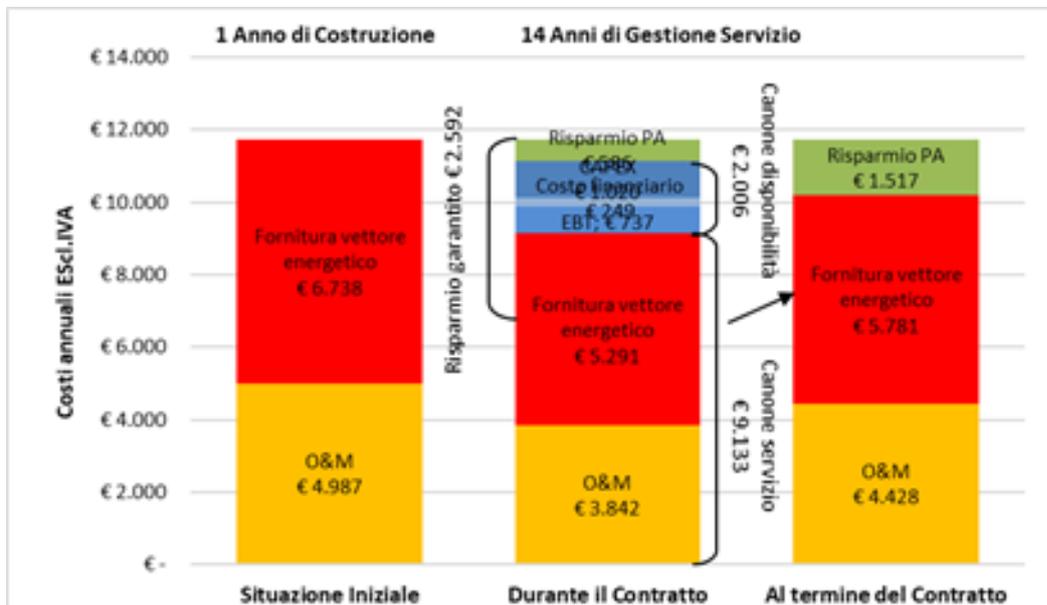
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente 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 9.12.

Figura 9.12 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

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

- EEM1: sostituzione serramenti
- EEM2: sostituzione generatore di calore ed installazione di termovalvole
- EEM3: sostituzione dei corpi illuminanti

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA AL 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	23.682	5.210	28.892
EEM2 Fornitura & Posa	16.566	3.644	20.210
EEM3 Fornitura & Posa	9.537	2.098	11.636
Costi per la sicurezza	1.494	329	1.822
Costi per la progettazione	3.505	771	4.276
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>54.783</b>	<b>12.052</b>	<b>66.836</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	3.940	1.047	4.987
EEM2 O&M	3.152	943	4.094
EEM3 O&M	3.546	1.047	4.593
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.758</b>	<b>943</b>	<b>3.700</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	23.777	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		4.755	

Questo scenario consentirebbe l'accesso alla forma incentivante del Conto Termico anche per la sostituzione dei serramenti.

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" per i soli serramenti è stato calcolato considerando la seguente relazione:

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

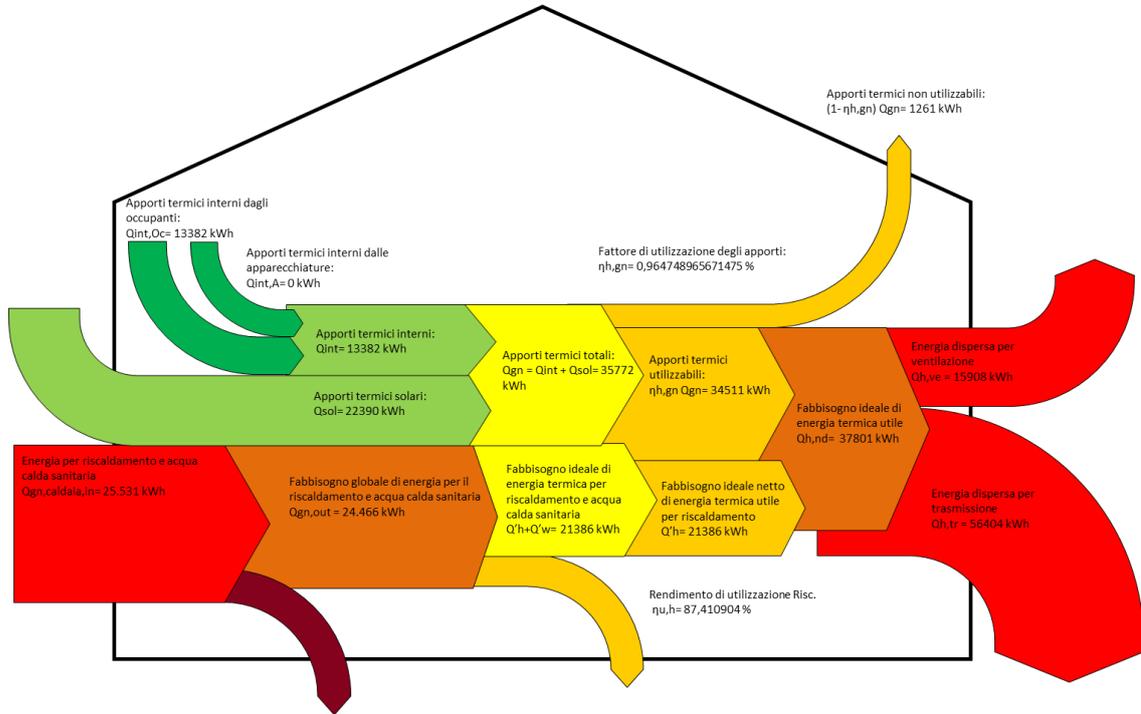
Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : 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)
- $S_{int}$ : superficie12 oggetto dell'intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **94 mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **338€/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 (% <sub>spesa</sub> )	Costo massimo (C <sub>max</sub> )	Valore massimo dell'incentivo I <sub>max</sub> [€]
Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento	40 (**)	350 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche A, B, C	75.000
	40 (**)	450 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche D, E, F	100.000

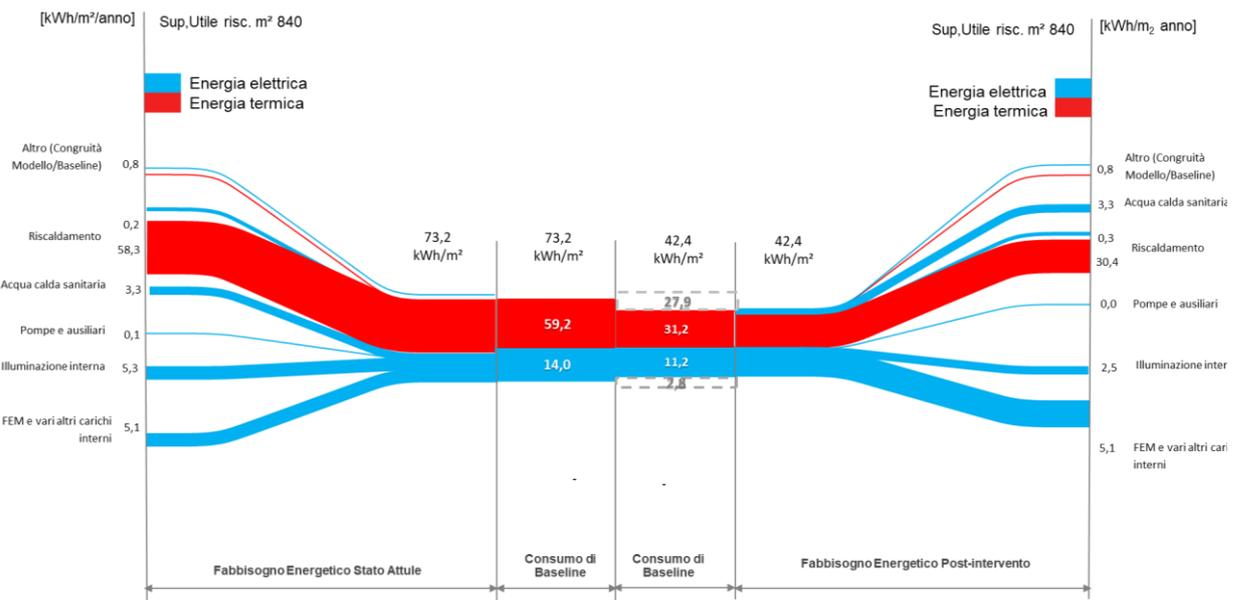
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.13 – 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.

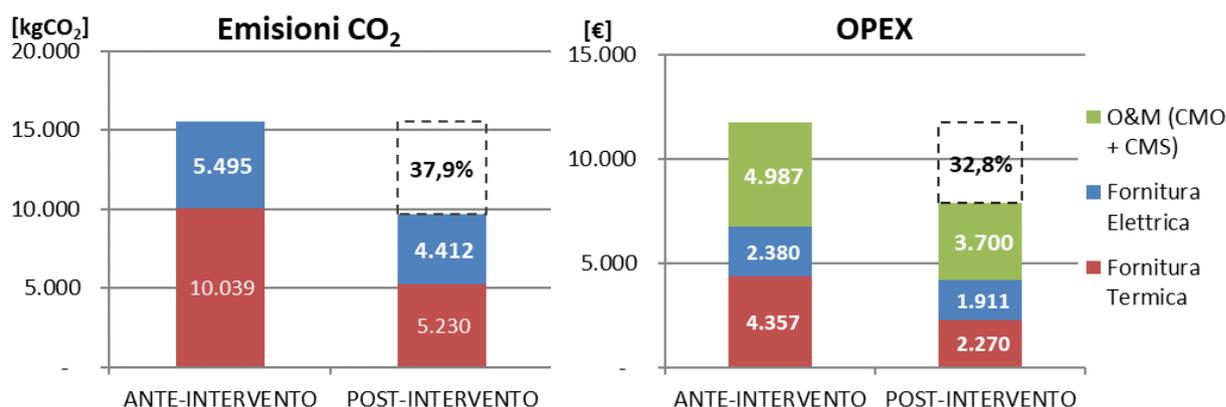
Figura 9.14 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.15 e nella Tabella 9.15

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 – trasmittanza termica	[W/m <sup>2</sup> K]	3,5	1,2	65,7%
EEM2 - Rendimento	η	0,92	1,36	-47,8%
EEM3 – potenza installata	[W]	116	48	58,6%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	49.005	25.531	47,9%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	12.184	9.782	19,7%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	49.698	25.892	47,9%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	11.766	9.447	19,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.039	5.230	47,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.495	4.412	19,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO <sub>2</sub> ]	15.534	9.642	37,9%
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	4.357	2.270	47,9%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.380	1.911	19,7%
Fornitura Energia, C <sub>E</sub>	[€]	6.738	4.181	37,9%
C <sub>MO</sub>	[€]	3.940	2.758	30,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.047	943	10,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	4.987	3.700	25,8%
OPEX	[€]	11.725	7.882	32,8%
Classe energetica	[-]		F E	+2CLASSI

Figura 9.15 – 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 9.16, Tabella 9.17 e Tabella 9.18 e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– EEM1+EEM2+EEM3

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>	1
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n <sub>o</sub>	2020
Anni dell'ammortamento	n <sub>A</sub>	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k <sub>CdP</sub>	0,02
Costo Capitale Azienda	WACC	0,04
k <sub>progetto</sub> = Max( WACC; k <sub>CdP</sub> )	k <sub>progetto</sub>	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)	$n_D$	6
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_D$	35.055
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	1.052
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	36.106
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,8
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	20,00%
Debito	$I_D$	28.885
Equity	$I_E$	7.221
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	5
Rata annua debito	$q_D$	5.394
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	32.365
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	3.480

Tabella 9.17 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>E0</sub></b>	6.738
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>M0</sub></b>	4.987
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	<b>C<sub>Baseline</sub></b>	11.725
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>Altro</sub></b>	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%ΔC<sub>E</sub></b>	0,28
Riduzione% costi O&M	<b>%ΔC<sub>M</sub></b>	0,26
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%C<sub>Baseline</sub></b>	0,05
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	2.592
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	586
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	26.175
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	3.821
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	14
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	0,29
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	<b>C<sub>ESCO</sub></b>	737
Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	249
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	1.020
Canone O&M €/anno	<b>C<sub>nM</sub></b>	3.842
Canone Energia €/anno	<b>C<sub>nE</sub></b>	5.291
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>C<sub>nS</sub></b>	9.133
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>C<sub>nD</sub></b>	2.006
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>C<sub>n</sub></b>	11.139
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	0,22
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	6.321
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	15.500
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.18 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	7
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	10
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	4.980
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	0,07
Indice di Profitto	<b>IP</b>	0,14
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	9
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	11,38
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	1.935
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	0,13
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	1,02
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	1,65
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	0,06

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

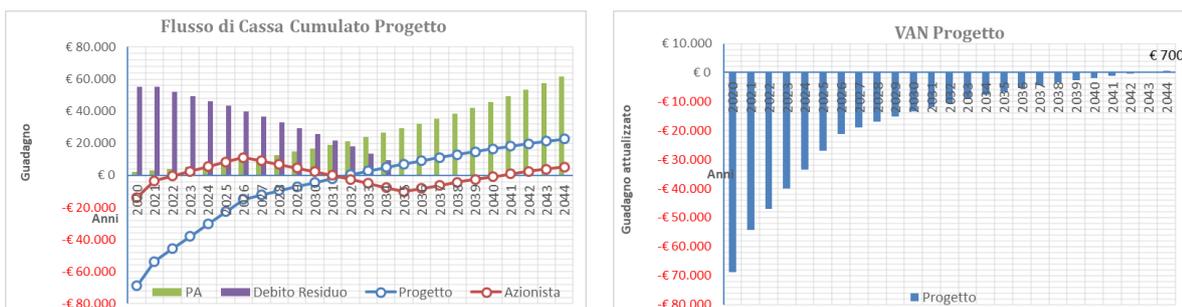
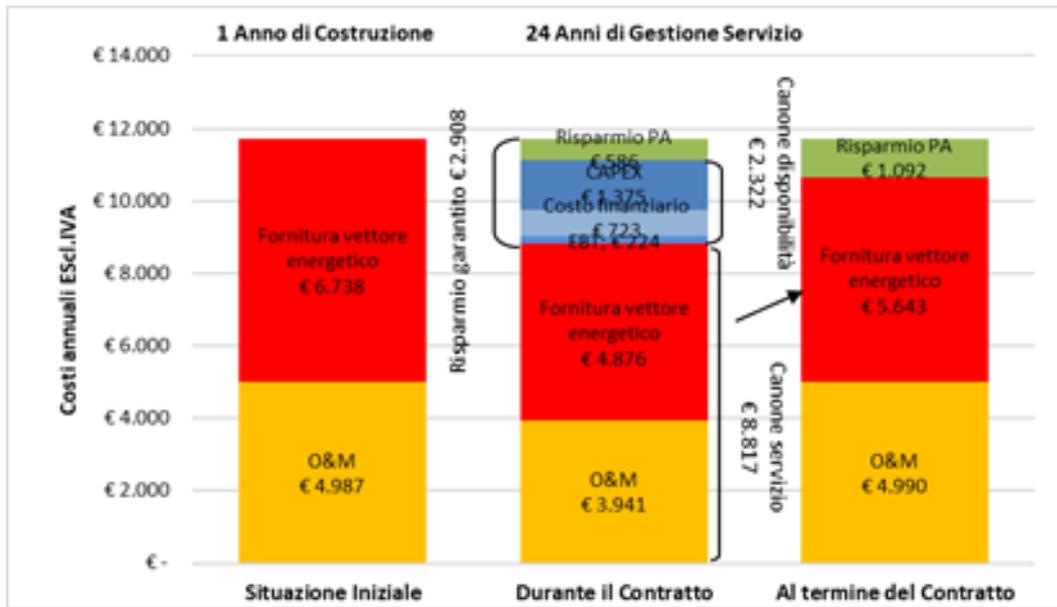


Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 descritto in Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari.



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la Scuola statale via Sant'Elia è risultato che l'edificio presenta degli indici di performance termica sufficienti dovuti non tanto al reale rendimento degli impianti o alle performance dell'involucro edilizio, quanto al ricondurre i consumi stagionali a dei fabbisogni non reali ma di progetto.

La situazione è invece differente per quanto riguarda gli indici di performance relativi al consumo di energia elettrica, che sono risultati essere insufficienti.

### 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 i sottosistemi di generazione e regolazione.

Tuttavia solo uno degli scenari di intervento proposti riusciva a garantire un miglioramento delle performance energetiche pari a due classi (SCN2) mentre lo scenario 1, che consente un rientro degli interventi in tempi conformi alle richieste della committenza, non rispetta le performance minime richieste, con un miglioramento pari solo ad una classe energetica.

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

La scuola è risultata essere, dal punto di vista impiantistico, in un buono stato manutentivo con componenti però ormai obsoleti e caratterizzati da limitati rendimenti.

Per quanto concerne l'involucro gli standard prestazionali sono decisamente inferiori, con soluzioni costruttive che limitano gli interventi di efficientamento adottabili (muratura esterna portante) ed elementi obsoleti con bassi livelli di isolamento termico; la maggior parte dei serramenti presenti risale infatti agli anni '70 ed è del tipo a vetro singolo e telaio in alluminio.

Tutti questi fattori fanno sì che l'edificio sia, con riferimento alle numerose superfici finestrate, particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla sostituzione di questi 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 COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
Planimetrie Involucro	TAVOLA DI INQUADRAMENTO	26/11/2017	E00874.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	066-P00-041-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 00	26/11/2017	L1-042-066-P00.dwg
Checklist Termici	L1-042-066-P00-Checklist	26/11/2017	L1-042-066-P00-Checklist.xlsx
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14	08/11/2017	5700065495
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14	08/11/2017	5700098218
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-02-14 al 31-03-14	08/11/2017	5700134957
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700176145
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-04-14 al 31-05-14	08/11/2017	5700214975
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-05-14 al 30-06-14	08/11/2017	5700248944
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14	08/11/2017	5700291206
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-09-14 al 30-09-14	08/11/2017	5700345541
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14	08/11/2017	5700373449
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-10-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700411327
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-11-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700493139
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-12-14 al 31-12-14	08/11/2017	5700493139
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700493139
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700544142
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5700544142
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-04-15 al 30-04-15	08/11/2017	E000140844
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-05-15 al 31-05-15	08/11/2017	E000175672
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000234065
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000281520
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	E000281520
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	E000337522
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	E000386676
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-10-15 al 30-10-15	08/11/2017	E000432863
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-10-15 al 31-10-15	08/11/2017	E000018557
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	E000483582
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	E000018557
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	E000018557
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	E000084136
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000278554
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000334604
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-04-16 al 30-09-16	08/11/2017	11640087941
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-05-16 al 31-05-16	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	11640048519
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060830
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074903
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640126636
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	011640100078
Bollette EE	POD:IT001E00096201 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	08/11/2017	011740001581
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	P160012671
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-02-16 al 29-02-16	08/11/2017	P160023980
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	P160031417
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	EX15066/2016
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	P160041242
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-05-16 al 31-05-16	08/11/2017	EX19107/2016



Titolo		Data	Nome file
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	EX22893/2016
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	EX26900/2016
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	EX31010/2016
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-09-16 al 30-09-16	08/11/2017	EX33534/2016
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	EX38844/2016
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 Fattura dal 01-11-16 al 30-11-16	08/11/2017	EX43773/2016
Bollette GAS	PDR: 03270012382664 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 – E0874_Foto da 1 a 15

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	06/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E0874

## 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 – E0874

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	06/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E0874

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
	Certificato CTI software	06/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E0874

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E0874

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	06/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E0874

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	06/2018	GG_Lotto6-E0874

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	06/2018	Lotto.6-E0874_Schede-Audit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	06/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E0874

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	06/2018	Lotto.6-E0874_analisi-PEF

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E0874

## **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.]*

