

# Scuola Media "A.Gramsci" e Scuola Elementare "Tommaseo"

E1150

via Mario Boeddu 8, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



**Scuola Media "A.Gramsci" e Scuola  
Elementare "Tommaseo"  
E1150  
via Mario Boeddu 8, 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>CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO OGGETTO DELLA DE .....</b>	<b>I</b>
<b>TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL'EDIFICIO .....</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
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	24
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>25</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	32
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>35</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	35
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	37



6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>41</b>
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	41
7.1.1	<i>Vettore termico</i> .....	41
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i> .....	41
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	44
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	45
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	46
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>47</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	47
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	47
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	49
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>51</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	51
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	56
<b>SINTESI .....</b>	<b>60</b>	
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	61
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2</i> .....	63
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM4:</i> .....	68
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>75</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	75
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	75
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	75
<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>	<b>A</b>	
<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>	<b>C</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		1983
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	5.421,11
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	9.736,74
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	25.340,81
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	5.802
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	6.551,8
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	3.826
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	10.377,8
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	624,54
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Combinata con produzione acqua calda per riscaldamento
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	75.011
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	213.566
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	16.690
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	68.245
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	8.693

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
- EEM4: Controsoffitto isolato
- SCN1: EEM2
- SCN2: EEM1+EEM2+EEM4

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

	CON INCENTIVI													
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM1	7%	7%	2.014	0	0	150.875	29,1	36,1	30	-47.832	-2,2%	-0,32	-	-
EEM2	22%	21%	6.159	1.718	228	83.496	5,7	7,6	15	33.055	11,1%	0,40	-	-
EEM4	8%	8%	2.363	0	0	286.237	35,8	43,3	30	-124.408	-5,3%	-0,43	-	-
SCN 1	22%	21%	6.159	2.577	228	83.496	4,7	9,3	15	8.368	20%	0,1	1,1	1,49
SCN 2	33%	32%	5.191	2.577	228	520.608	70	315	25	-132.006	-10%	-0,25	0,75	0,6

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

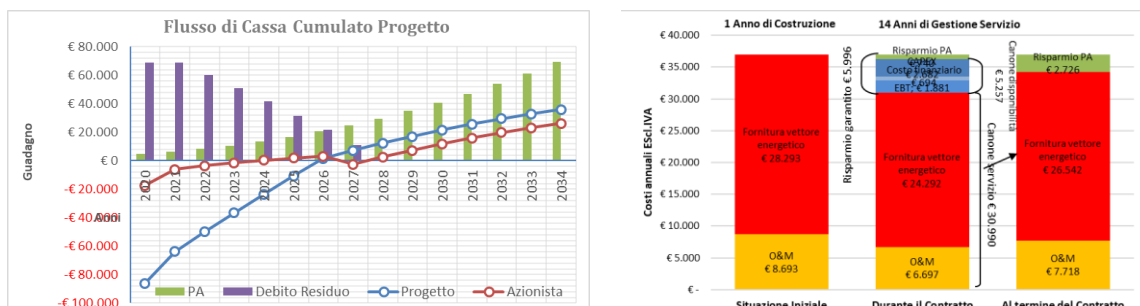
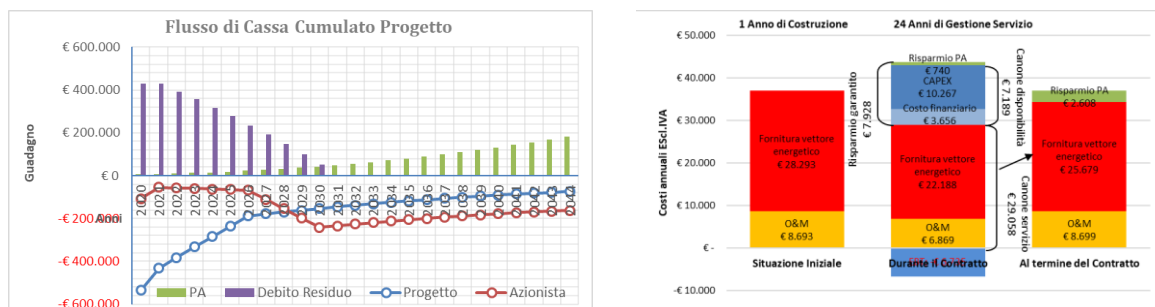


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dalle analisi fatte sull'edificio è emerso che solo uno degli scenari è economicamente vantaggioso, ma solo per la PA e non per la ESCO.

Dei due scenari proposti solo lo scenario 2 consente un aumento di classe energetica maggiore di 2, dalla D alla A; questo perché gli interventi perseguibili con tempi di investimento inferiori ai 25 sono principalmente legati alla sola componente impiantistica e, pur proponendo una ristrutturazione quasi totale del sistema, non si riescono a raggiungere i livelli di performance richiesti.

L'aumento di due classi energetiche difficilmente infatti prescinde dagli interventi sull'involucro che, seppur beneficiando di forme incentivanti, risultano avere nella quasi totalità dei casi dei tempi di ritorno maggiori di 15 anni.

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata principale



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.

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 NCT sezione C Foglio 76 Mapp.1375 Sub.0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona di Sestri Ponente. 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 primaria. 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		1983
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	5.421,11
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	9.736,74
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	25.340,81
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	5.802
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	6.551,8
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	3.826
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	10.377,8
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	624,54
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Combinata con produzione acqua calda per riscaldamento
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	75.011

Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	213.566
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	16.690
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	68.245
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	8.693

Nota (1): Valori di Baseline

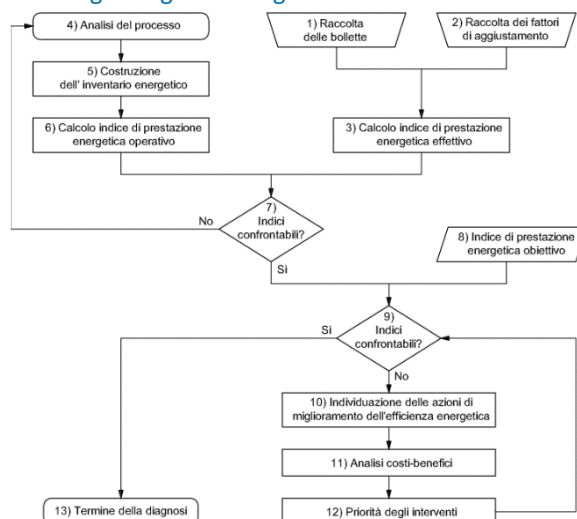
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- 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, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale 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;

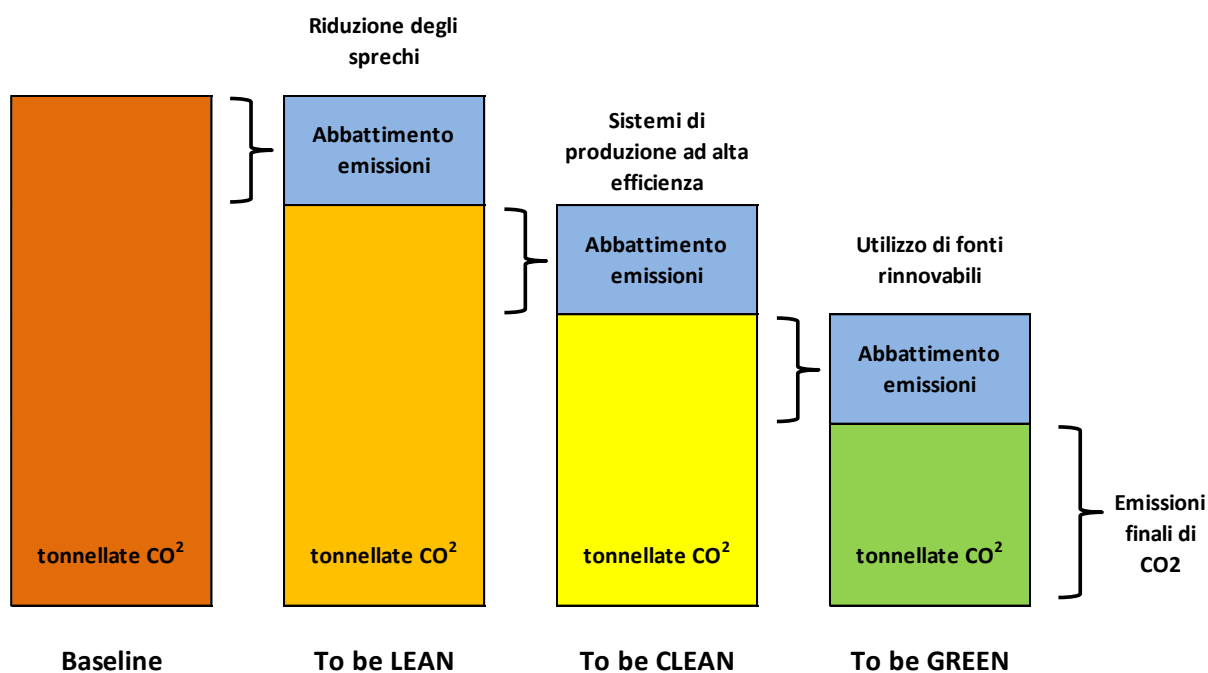
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di 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.



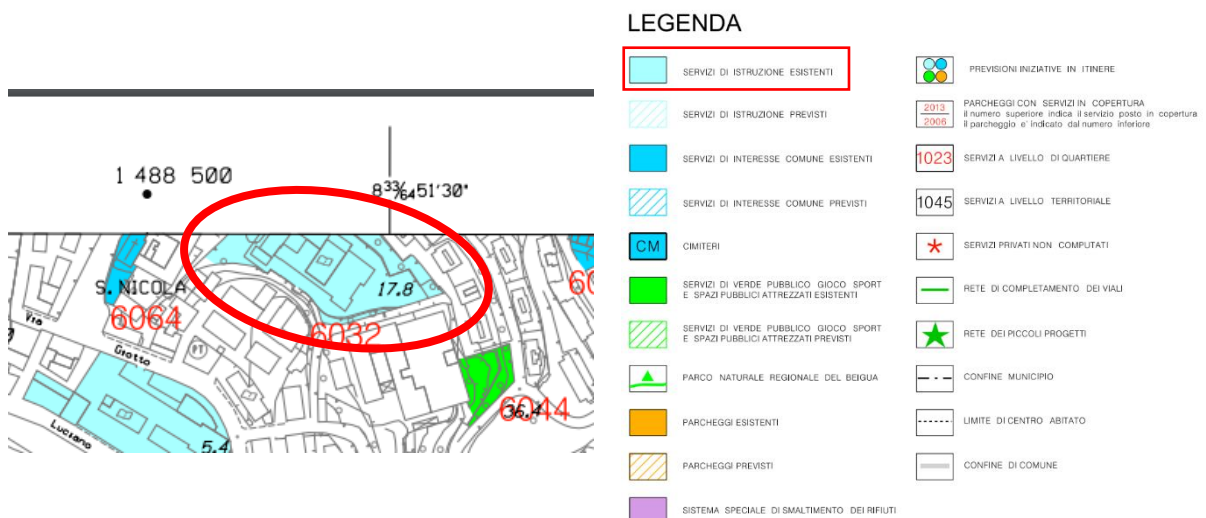
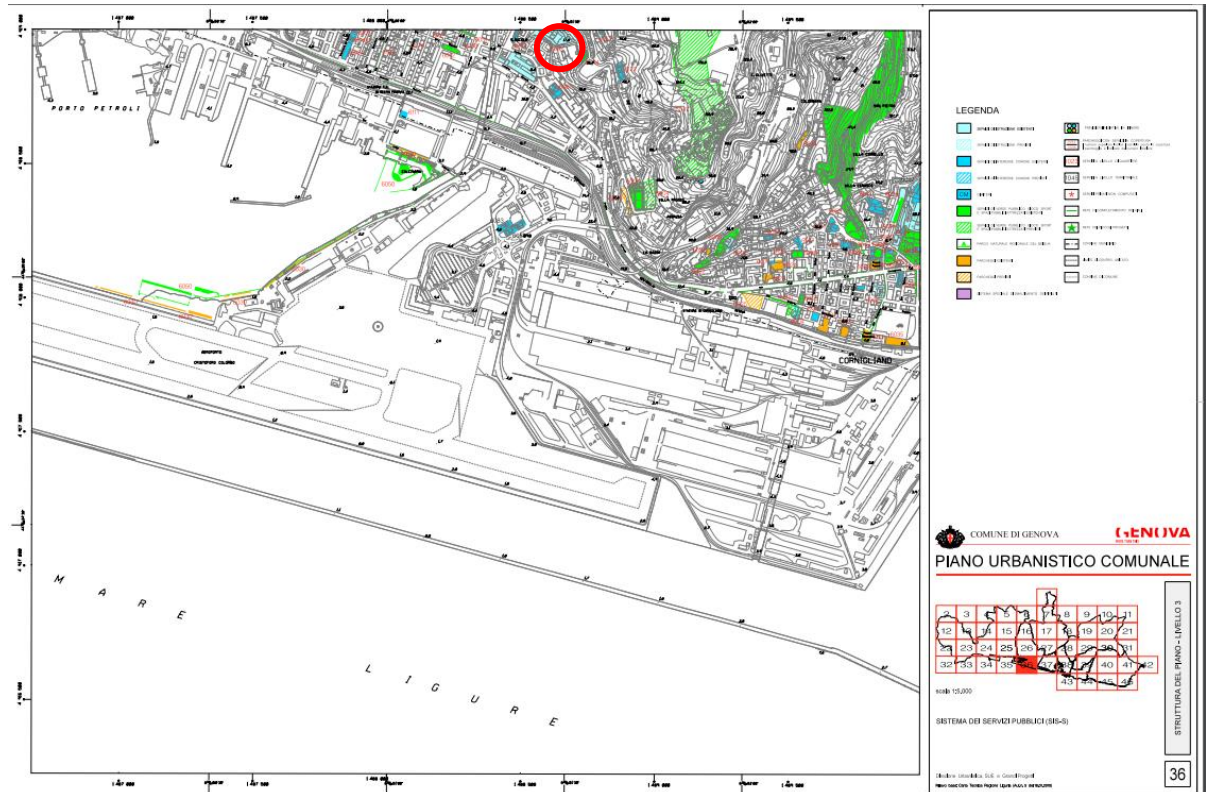
## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 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 è stato costruito nel 1983 ed attualmente ospita diverse destinazioni d'uso: al piano terra sono infatti presenti due palestre, di cui una adibita allo svolgimento di partite di pallavolo a livello agonistico ed un Teatro (al quale non è stato possibile accedere durante le attività di sopralluogo).

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 quattro piani fuori terra, nei quali si sviluppano i vari ambienti a servizio dell'attività didattica. Al piano terra è presente la scuola elementare, mentre la scuola media occupa i restanti piani.

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)

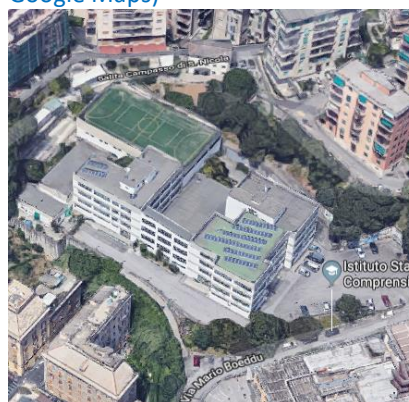


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Palestra, Teatro, uffici e refettorio	[m <sup>2</sup> ]	2.814	2.310,28	2.310,28
Primo	Scuola elementare	[m <sup>2</sup> ]	1.382,74	1.144,42	1.144,42
Secondo	Scuola elementare	[m <sup>2</sup> ]	1.177,53	1.006,22	1.006,22
Terzo	Scuola elementare	[m <sup>2</sup> ]	1.177,53	960,375	960,375
<b>TOTALE</b>		<b>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>6.551,8</b>	<b>5421,137</b>	<b>5421,137</b>

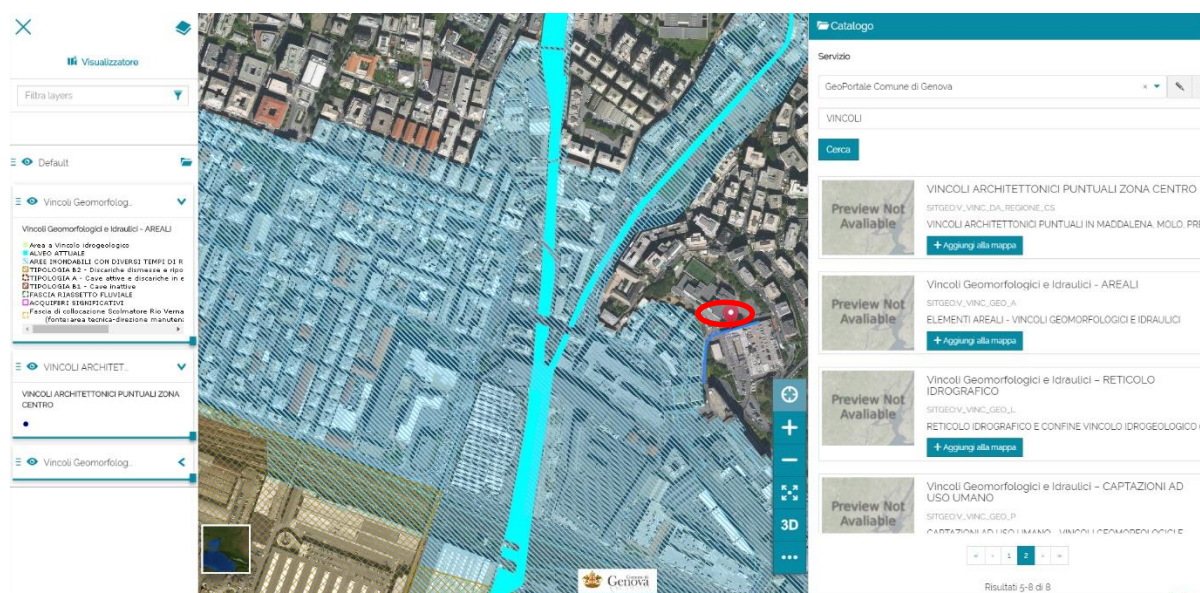
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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 ad alcun tipo di vincolo.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione serramenti	-		-
EEM 2: Sostituzione generatore di calore ed installazione termovalvole	-		-
EEM4: Controsoffitto isolato	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

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

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.

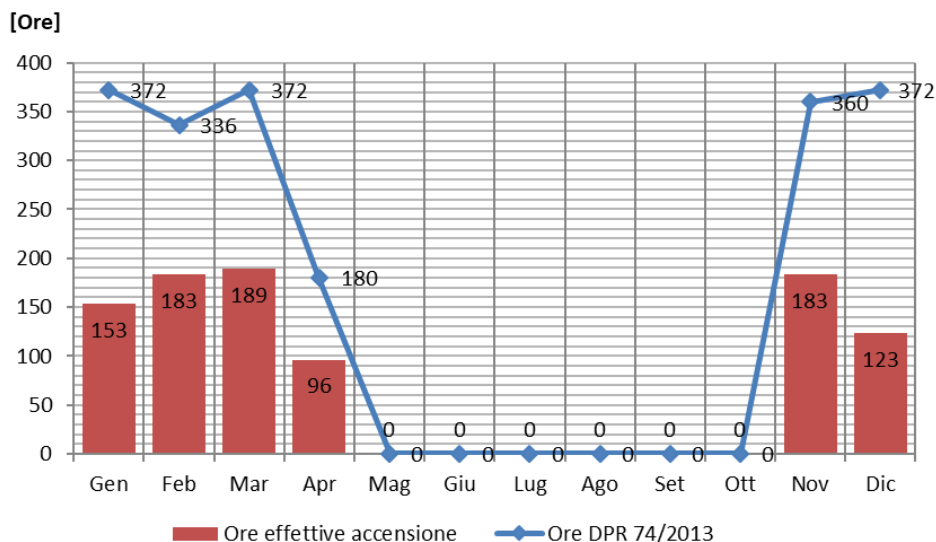
Nella Tabella 2.2 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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 – 17.00	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 – 17.00	spento

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





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

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell'edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l'affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l'assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi. 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	-	-	-	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>198</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 rosso nella Figura 3.1

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

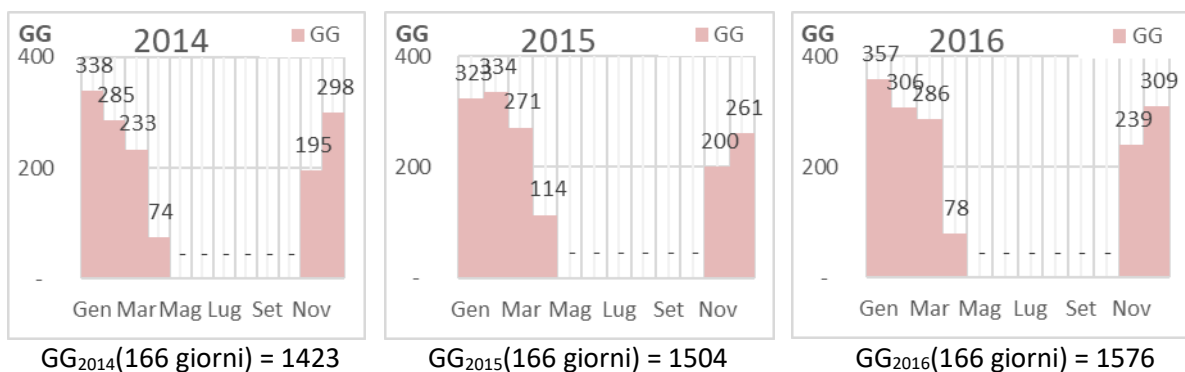
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



### 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

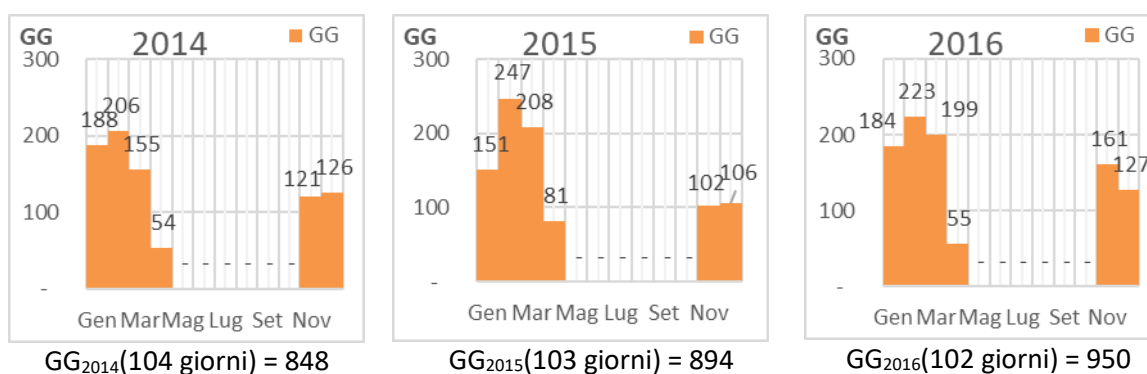


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto 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, poiché 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 caratterizzato da una struttura intelaiata in calcestruzzo con tamponamenti in laterizio senza la presenza di isolamento termico.

Gli elementi costruttivi utilizzati sono contraddistinti da medi spessori e contenuta capacità termica; questi fattori incidono sul comportamento termico dell'involucro edilizio che disperde velocemente il calore verso l'esterno durante la stagione invernale aumentando il fabbisogno termico dell'edificio.

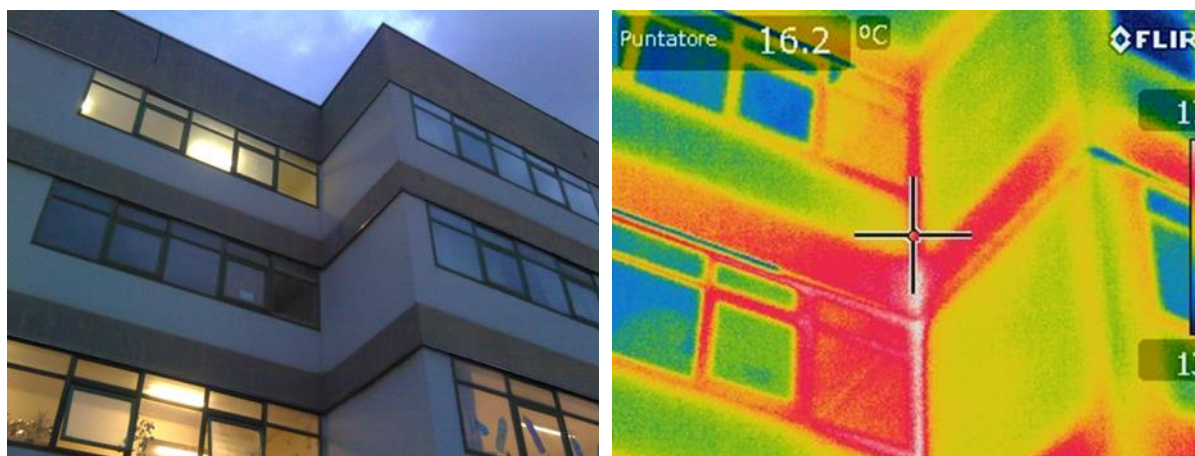
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

Figura 4.1 - Particolare facciata fabbricato



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

Figura 4.2 – Rilievo termografico parete est



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]	
Copertura piana	S1	36,7	Assente	0,809	Mediocre
Pavimento controterra	P1	58	Assente	0,197	Mediocre
Parete esterna	M1	27	Assente	0,918	Mediocre
Parte verso LNR	M2	11	Assente	1,773	Mediocre

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 doppio.

Lo stato di conservazione dei serramenti è sufficiente ma le scarse caratteristiche prestazionali sono causa di rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti ed elevate dispersioni termiche, con conseguente disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

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:

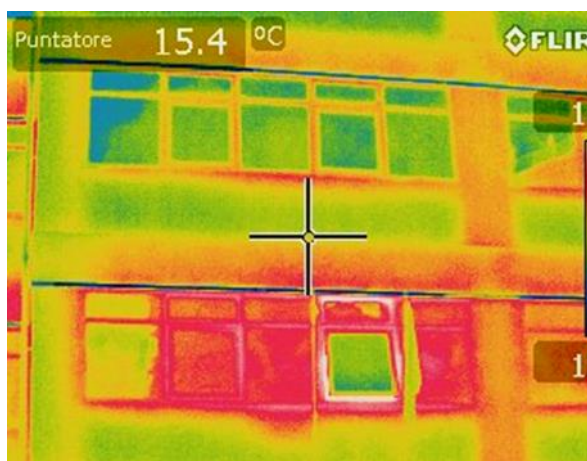
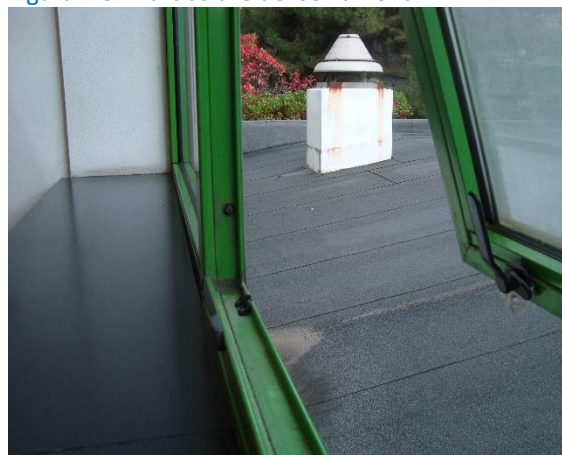
- Il telaio dei serramenti è la parte maggiormente disperdente di tutto l'involucro esterno dell'edificio;

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



Figura 4.3 - Particolare dei 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]		TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]					
Serramento verticale	W1	70	580	Metallico	Singolo	4,701	Sufficiente
Serramento verticale	W2	120	580	Metallico	Singolo	3,919	Sufficiente

Serramento verticale	W3	200	400	Metallico	Singolo	3,797	Sufficiente
Serramento verticale	W4	120	240	Metallico	Singolo	4,140	Sufficiente
Serramento verticale	W5	70	400	Metallico	Singolo	4,782	Sufficiente
Serramento verticale	W6	70	240	Metallico	Singolo	5,015	Sufficiente
Serramento verticale	W7	160	340	Metallico	Singolo	3,857	Sufficiente
Serramento verticale	W8	70	340	Metallico	Singolo	4,343	Sufficiente
Serramento verticale	W9	150	645	Metallico	Singolo	3,742	Sufficiente
Serramento verticale	W10	130	130	Metallico	Singolo	4,259	Sufficiente
Serramento verticale	W11	150	500	Metallico	Singolo	3,778	Sufficiente
Serramento verticale	W12	70	645	Metallico	Singolo	4,431	Sufficiente
Serramento verticale	W13	70	70	Metallico	Singolo	5,386	Sufficiente
Serramento verticale	W14	120	420	Metallico	Singolo	4,009	Sufficiente

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

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da due caldaie a basamento installate in centrale termica che vanno ad alimentare il circuito di distribuzione a servizio dei terminali di emissione.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori, di diversa dimensione in relazione alla dimensione e alla destinazione d'uso dell'ambiente servito e da aerotermini (nelle due palestre); per quanto riguarda il teatro non sono stati rilevati i sistemi di emissione presenti poiché non è stato possibile accedere ai locali, per la redazione del modello energetico si è considerata la presenza di aerotermini.

I radiatori sono per la maggior parte installati sulle pareti esterne, sotto finestra, tranne alcuni elementi installati su quelle interne.

Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 94,7%

Figura 4.5 – Particolare radiatore su parete esterna



Figura 4.6 - Particolare radiatori 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
Scuola	Radiatori	92,7%
Palestre	Aerotermi	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Tutti i piani	Radiatore a parete				Non presente	Non presente
Terra (Palestra)	Aerotermi				Non presente	Non presente
<b>TOTALE</b>					<b>Non presente</b>	<b>Non presente</b>

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

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C.

L'architettura dell'impianto di climatizzazione prevede tre zone termiche con regolazione di tipo climatica esterna, questa agisce sul collettore principale di mandata da cui partono i tre stacchi a servizio delle diverse aree del fabbricato (scuola, palestra e teatro).

Lo stacco di mandata alla scuola è dotato di regolazione di zona aggiuntiva, e di valvola miscelatrice a tre vie che mitiga la portata proveniente dalla caldaia con il flusso di ritorno dall'impianto così da poter gestire le diverse temperature definite dal set-point.

Figura 4.7 – Dettaglio impianto

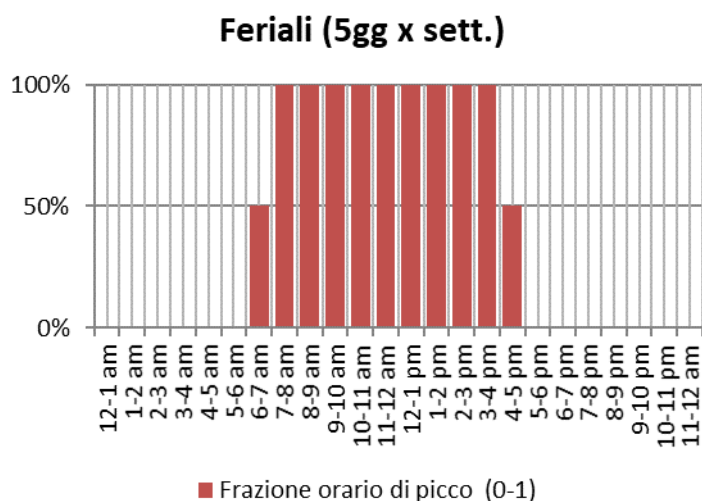


Figura 4.8 – Particolare valvola a tre vie



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per entrambe le zone termiche



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Unica	Climatica esterna	76,4%

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 (fluido termovettore acqua)

1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione gemellare a servizio del collettore di mandata dell'impianto.

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>(5)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(5)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(5)</sup> [kW]
Circolatore EG01	Pompa di circolazione	4 – 14	9,8 - 44	0,175 – 0,3

Nota (5): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7. I valori rilevati differiscono da quelli di calcolo a causa delle temperature esterne rilevate, particolarmente elevate rispetto alla media del periodo, e del fatto che in quel momento la caldaia non fosse attiva

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA <sup>(6)</sup> °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito primario	Mandata	60
	Ritorno	40

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

2) **Circuito secondario:** il circuito secondario presenta gli stacchi alle diverse aree dell'edificio, ogni stacco è dotato di pompa di circolazione gemellare.

Le caratteristiche del circolatore a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(7)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(7)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(7)</sup> [kW]
Circolatore palestra	EG02	Pompa di circolazione	9 – 17	14,7 – 68,6	0,4
Circolatore teatro	EG03	Pompa di circolazione			0,62 – 0,8
- Circolatore scuola	EG04	Pompa di circolazione	15 - 55	14,7 – 68,6	1,02 – 1,32

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

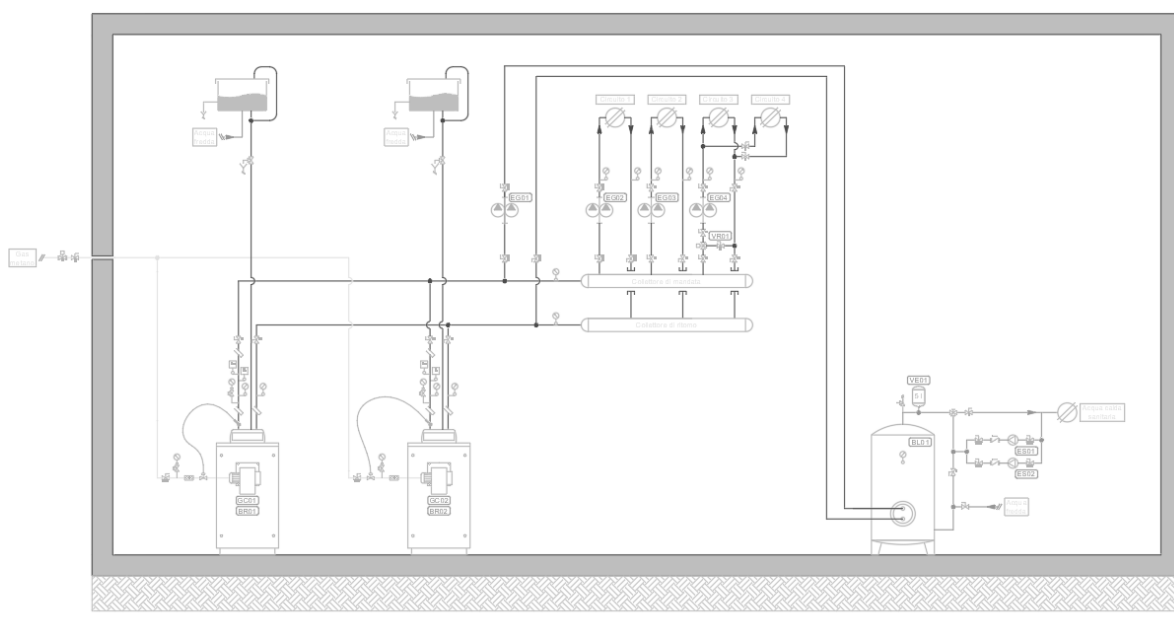
Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.9; Le temperature rilevate in fase di sopralluogo sono inferiori rispetto a quelle che vengono utilizzate nella modellazione del comportamento termico/impiantistico del fabbricato, questo perché le 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 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA <sup>(8)</sup>		TEMPERATURA CALCOLO	
			°C	°C	°C	°C
Circuito palestra	Mandata	Caldo	30		60	
	Ritorno	Caldo	30		40	
Circuito teatro	Mandata	Caldo	-		60	
	Ritorno	Caldo	-		40	
Circuito scuola	Mandata	Caldo	30		60	
	Ritorno	Caldo	30		40	

Nota (8): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 091-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 94,7%.

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 due caldaie a basamento in parallelo, marca Unical modello PB510, e dal bruciatore, marca Cuenod modello TRISECAL 3P 300, installati internamente al locale centrale termica del fabbricato.

Figura 4.11 - Particolare generatore di calore



Figura 4.12 - Particolare targhetta bruciatore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE	POTENZA TERMICA UTILE	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA	
				[kW]	[kW]		[kW]	
GT1	Riscaldamento	Unical	TRISECAL	2001	255,9 – 323,7	240 - 300	93,7% - 92,7%	nd
GT2	Riscaldamento	Unical	TRISECAL	2001	255,9 – 323,7	240 - 300	93,7% - 92,7%	nd

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari a 77,1%, mentre il rendimento di combustione riportato nel libretto di impianto è pari a 92,5%.

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

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

La produzione di acqua calda sanitaria per l'intero fabbricato viene in modo combinato con la produzione di acqua calda per il riscaldamento. In centrale termica è stato rilevato un accumulo di capacità pari a 300 litri, collegato al sistema di generazione, all'alimentazione idrica da acquedotto e al sistema di distribuzione di ACS alle utenze. I rendimenti dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11.

Figura 4.13 - Particolare boiler elettrico



Tabella 4.11 – 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%	Non presente	91,7%	85,3%	71,2%

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; si fa riferimento quindi ai pc del laboratorio di informatica, alle esigue lavagne interattive multimediali presenti e marginalmente a stampanti e distributori bevande/alimenti.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNO FUNZIONAMENTO	ORE GIORNO
-------------	-------------	--------	------------------	---------------------	------------------------	------------

			[W]	[W]		
Utenze con profili di funzionamento variabile	PC	20	200	4000	2121	10,2
	Stampante multifunzione	2	1656	3312	170	0,8
	Stampante da tavolo	5	22	110	170	0,8
	LIM	5	250	1250	1697	8,2
	Video proiettori	3	315	945	1782	8,6
	Forno a microonde	2	2.100	4200	424	2,0
Utenze con profili di funzionamento costante	Rack Dati	1	250	250	8263	94%
	Distributori	2	500	1000	8263	94%
	Centrali d'allarme	2	150	300	8263	94%

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

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 bagni



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

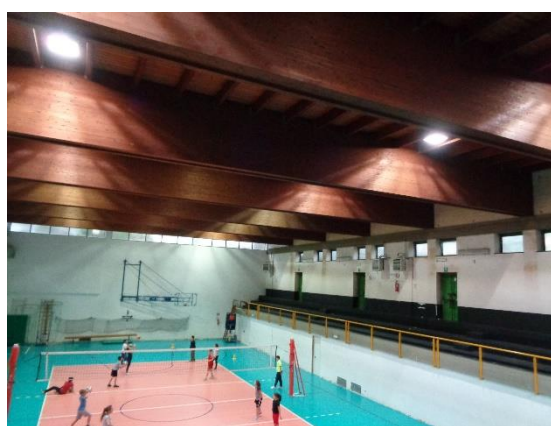
PIANO EDIFICIO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Piano terra	fluorescenti 1x58W	45	58	2.819
	fluorescenti 2x58W	28	116	3.508
	Faretti	26	600	16.848
	Fluorescenti 4x18W	14	72	1.089
Piano Primo	fluorescenti 1x58W	27	58	1.691
	fluorescenti 2x58W	20	116	2.506
Piano Secondo	fluorescenti 1x58W	61	58	3.821
	fluorescenti 2x58W	50	116	6.264
Piano Terzo	fluorescenti 1x58W	19	58	1.190
	fluorescenti 2x58W	36	116	4.510

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 nelle aule



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti della palestra



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

Nota (9) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene un unico contatore a servizio della centrale termica, quindi per il riscaldamento degli ambienti.

La sua effettiva ubicazione è rappresentata nelle planimetrie riportate all'Allegato B – Elaborati.

Figura 5.1: ubicazione contatore gas metano



L'analisi dei consumi storici di Gas metano a servizio dell'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 di distribuzione).

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



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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
016220050599428	Riscaldamento	-	17.186	24.842	537.119	161.893	234.012

L'andamento dei consumi stagionali del vettore energetico è stato desunto applicando ai consumi annui forniti i profili di consumo desunti dal modello energetico dell'edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui.

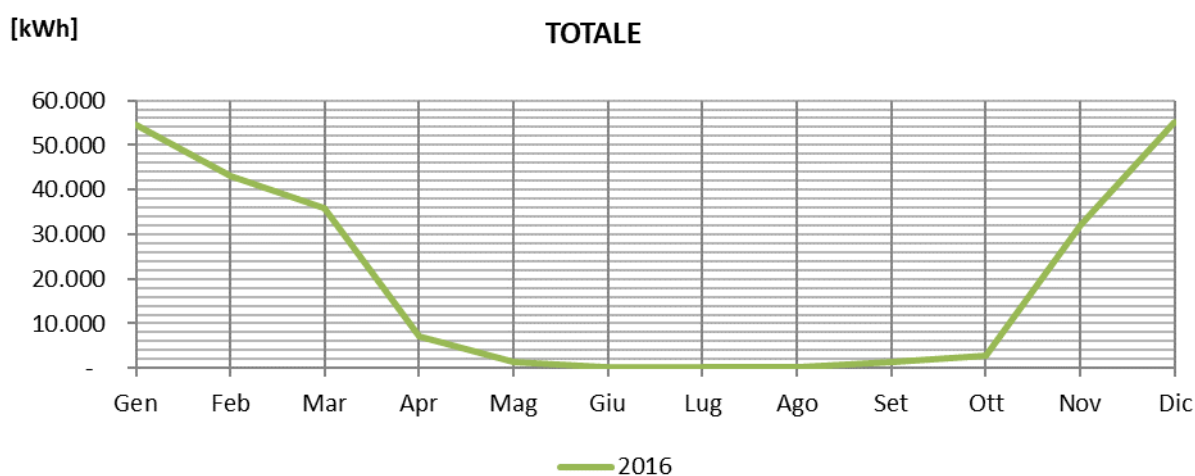
A causa di una non omogeneità dei dati di consumo forniti, l'andamento stagionale è stato valutato solo per l'anno 2016 poiché si è ritenuto maggiormente in linea con i profili di funzionamento rilevati in fase di sopralluogo; l'output dell'analisi è riportato nella Tabella 5.3.

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

PDR	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	-	-	5.787	-	-	54.511
Feb	-	-	4.578	-	-	43.120
Mar	-	-	3.797	-	-	35.771
Apr	-	-	752	-	-	7.083
Mag	-	-	161	-	-	1.516
Giu	-	-	14	-	-	128
Lug	-	-	13	-	-	124
Ago	-	-	14	-	-	128
Set	-	-	154	-	-	1.452
Ott	-	-	306	-	-	2.886
Nov	-	-	3.424	-	-	32.256
Dic	-	-	5.843	-	-	55.037
<b>Totale</b>	-	-	<b>24.842</b>	-	-	<b>234.012</b>

L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2 – 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 5.800 smc, durante la stagione invernale 2014.

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:

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

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

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

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. 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]
2016	950	867	22.791	214.691	226	195.934	-	-

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
$\bar{Q}_{ACS}$	[kWh] 19.320,42

$$\frac{\bar{Q}_{ALTR0}}{\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}}$$

$$Q_{baseline}$$

195.934

**215.254**

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di due contatori, uno a servizio della scuola l'altro a servizio del teatro.

La loro 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	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096212	Scuola	64.232	57.984	82.520	68.245
IT001E02164532	Teatro	16.336	16.635	11.474	14.815

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-E1150) ed è emerso come questi ultimi fossero, in media, più alti di quelli riportati nelle fatture fornite in media del 10%.

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è stata calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento del solo POD - IT001E00096212.

Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 68.245 kWh/anno.

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

POD: IT001E00096212	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	5.397	2.755	2.266	10.418
Feb - 14	4.564	2.329	1.938	8.831
Mar - 14	3.638	1.816	1.255	6.709
Apr - 14	2.454	1.463	1.140	5.057
Mag - 14	1.959	1.576	928	4.463
Giu - 14	514	663	634	1.811
Lug - 14	22	228	374	624
Ago - 14	52	207	409	668
Set - 14	1.591	1.532	851	3.974
Ott - 14	2.808	1.821	1.005	5.634
Nov - 14	4.015	1.852	1.205	7.072
Dic - 14	4.606	2.121	2.244	8.971
<b>Totale</b>	<b>31.620</b>	<b>18.363</b>	<b>14.249</b>	<b>64.232</b>
POD: IT001E00096212	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]

Gen - 15	5.326	2.848	2.874	11.048
Feb - 15	4.339	2.662	2.209	9.210
Mar - 15	4.103	2.575	2.305	8.983
Apr - 15	2.520	1.206	1.048	4.774
Mag - 15	2.276	1.581	1.350	5.207
Giu - 15	518	813	900	2.231
Lug - 15	24	407	562	993
Ago - 15	80	272	607	959
Set - 15	1.097	1.021	1.040	3.158
Ott - 15	1.242	1.128	1.027	3.397
Nov - 15	1.507	1.201	955	3.663
Dic - 15	2.034	1.336	991	4.361
<b>Totale</b>	<b>25.066</b>	<b>17.050</b>	<b>15.868</b>	<b>57.984</b>
<b>POD:</b>				
<b>IT001E00096212</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	5.675	2.498	2.443	10.616
Feb - 16	5.677	2.532	1.813	10.022
Mar - 16	4.833	2.354	1.813	9.000
Apr - 16	4.086	2.225	1.516	7.827
Mag - 16	1.296	4.296	1.831	7.423
Giu - 16	1.279	660	964	2.903
Lug - 16	596	359	652	1.607
Ago - 16	595	444	679	1.718
Set - 16	2.761	1.438	903	5.102
Ott - 16	4.481	2.171	1.315	7.967
Nov - 16	5.569	2.300	1.662	9.531
Dic - 16	4.498	2.056	2.250	8.804
<b>Totale</b>	<b>41.346</b>	<b>23.333</b>	<b>17.841</b>	<b>82.520</b>

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

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.466	2.700	2.528	10.694
Febbraio	4.860	2.508	1.987	9.354
Marzo	4.191	2.248	1.791	8.231
Aprile	3.020	1.631	1.235	5.886
Maggio	1.844	2.484	1.370	5.698
Giugno	770	712	833	2.315
Luglio	214	331	529	1.075
Agosto	242	308	565	1.115
Settembre	1.816	1.330	931	4.078
Ottobre	2.844	1.707	1.116	5.666

Novembre	3.697	1.784	1.274	6.755
Dicembre	3.713	1.838	1.828	7.379
<b>Totale</b>	<b>32.677</b>	<b>19.582</b>	<b>15.986</b>	<b>68.245</b>

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

Figura 5.3 – Profili elettrici reali per il triennio di riferimento

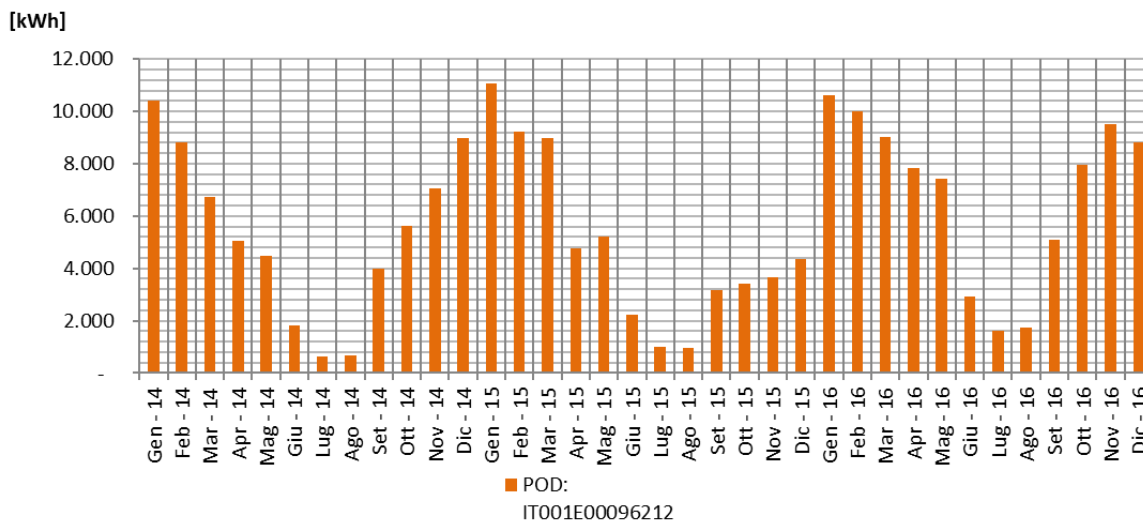
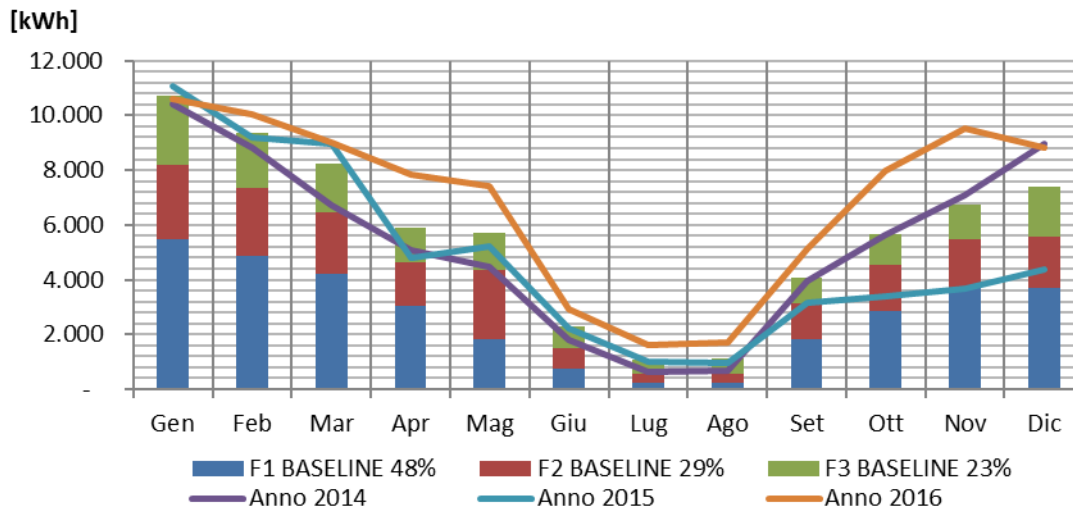


Figura 5.4 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



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

informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, il quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza quarti oraria.

Si sono pertanto analizzati dei profili giornalieri campione, rappresentativi delle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

Le giornate analizzate sono riportate nella Tabella 5.9

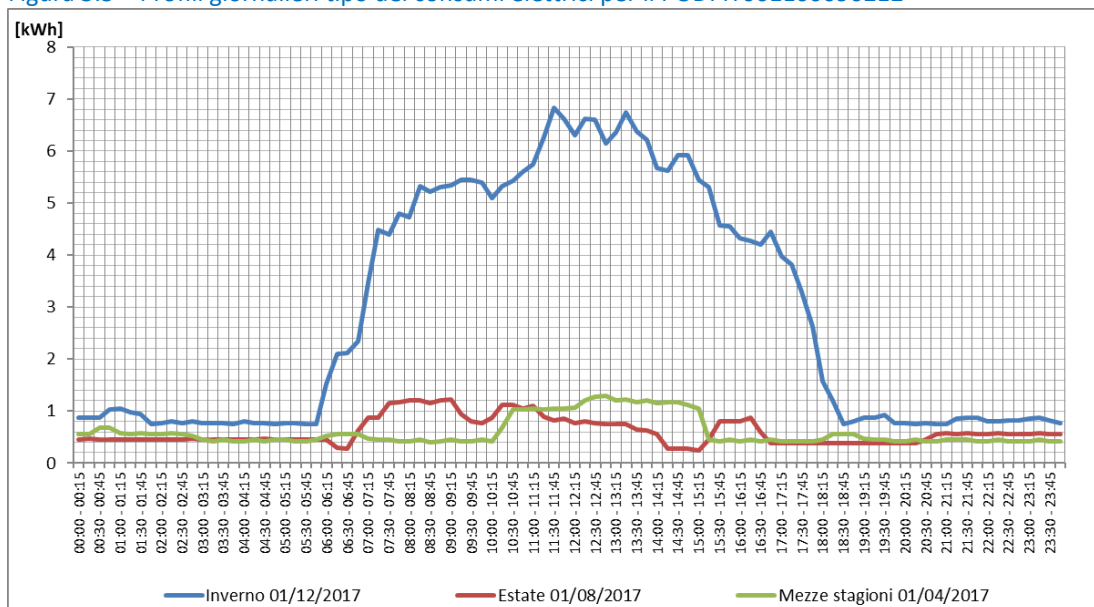
Tabella 5.9 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
---------	------	------------------------	---------	-----------------------------------

[Profilo 1]	[01/12/2017]	venerdì	Periodo scolastico	11
[Profilo 2]	[01/08/2017]	martedì	Periodo di Vacanze	28
[Profilo 3]	[01/04/2017]	Sabato	Periodo scolastico	16

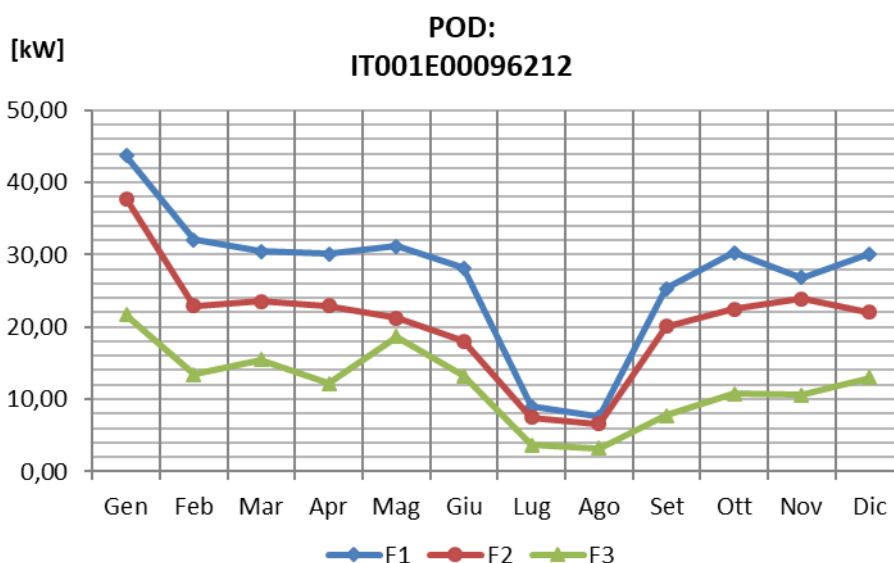
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.5

Figura 5.5 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD: IT001E00096212



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi elevato durante i mesi invernali ed un appiattimento dei consumi nei giorni di chiusura della scuola, non solo durante il periodo estivo. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo, pertanto si ritiene affidabile quanto analizzato ed un valido punto di partenza per definire le strategie di efficientamento del sito.

Figura 5.6 – Profili di potenza giornalieri per il POD: IT001E00096212



Il prelievo di potenza massima è pari a circa 44kW e si verifica durante i mesi di apertura della scuola. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato e con le utenze elettriche rilevate in fase di sopralluogo. Tali profili risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti.

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

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

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

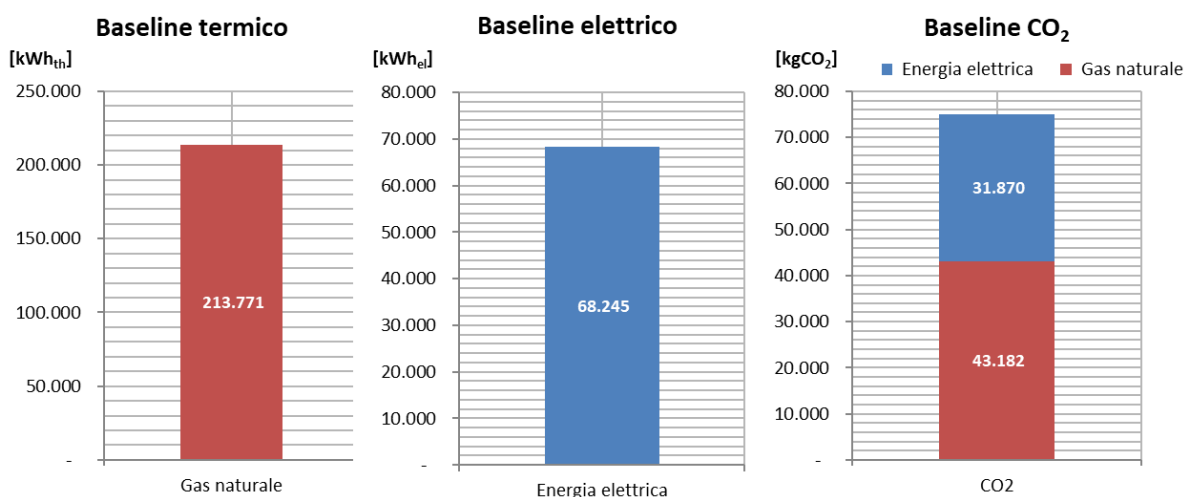
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.11 e nella Figura 5.7

Tabella 5.11 – 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	213.771	0,202	43.182
Energia elettrica	68.245	0,467	31.870
<b>TOTALE</b>			<b>75.052</b>

Figura 5.7 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.



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

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

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

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

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	5.421	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	5.802	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	26.762	m <sup>3</sup>

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA TOTALE	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	213.771	1,05	224.459	41,4	38,7	8,4	7,97	7,44	1,61
Energia elettrica	68.245	2,42	165.153	30,5	28,5	6,2	5,88	5,49	1,19
<b>TOTALE</b>			<b>389.613</b>	<b>72</b>	<b>67</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>3</b>

Tabella 5.15 – 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	213.771	1,05	224.459	41,4	38,7	8,4	7,97	7,44	1,61
Energia elettrica	68.245	1,95	133.078	24,5	22,9	5,0	5,88	5,49	1,19
<b>TOTALE</b>			<b>357.537</b>	<b>66</b>	<b>62</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>3</b>

Figura 5.8 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

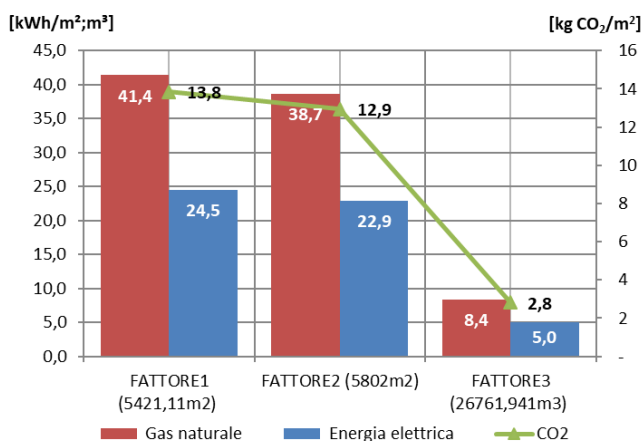
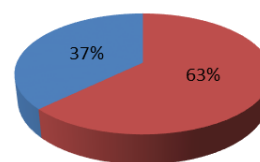
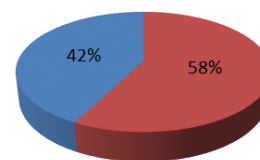


Figura 5.9 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria



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



■ Gas naturale ■ Energia elettrica



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	4,76	3,47	4,87	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	8,82	9,73	11,34

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo degli indici di consumo buoni sia per quanto riguarda il vettore termico che quello elettrico.

Da evidenziare come l'unico dato "BUONO" è relativo all'annualità 2016, questo è legato ad un valore di consumo fornito dal distributore quasi sicuramente errato, poiché non allineato con i profili di consumo rilevati nelle annualità precedenti e verificati dal modello energetico.

## 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	142,63	151,43
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	102,14	101,79
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	5,9	5,87
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	42,6	34,33
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,79	0,64
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/ anno	161.748	161.748

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	55.110	519.136,2
Energia Elettrica	-	101.544

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 [kWh/el]
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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
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 gli effettivi giorni di utilizzo del fabbricato e cercando di modellare quanto più fedelmente i profili di funzionamento delle utenze elettriche e le modalità di accensione e set point dei sistemi di climatizzazione.

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	$EP_{gl, ren}$	kWh/mq anno	64,02	60,37
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	42,04	41,82
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	4,39	4,37
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-

Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	17,59	14,18
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/anno	63.203	63.203

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	22.860	215.341,2
Energia Elettrica	-	39.087

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]	[%]
215.346	215.254	0%

Dall'analisi effettuata è emerso che il modello valutato in "Modalità adattata all'utenza" risulta validato.

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
66.577	68.245	3%

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

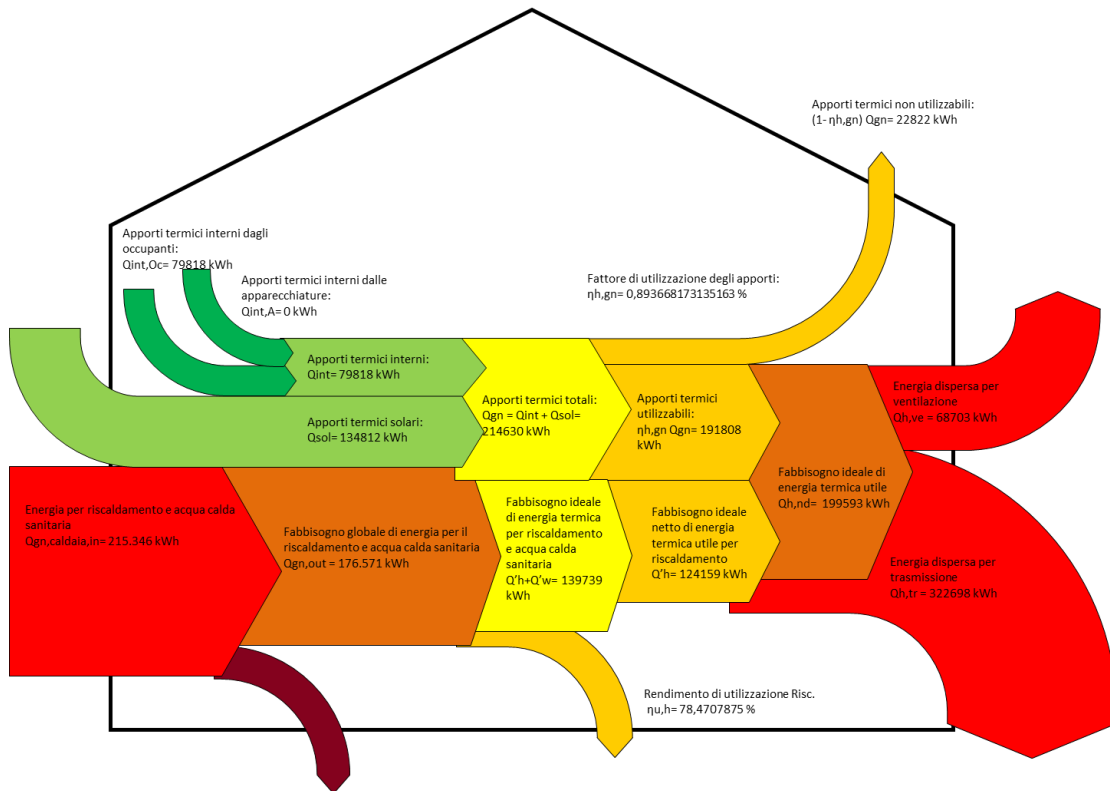
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

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.

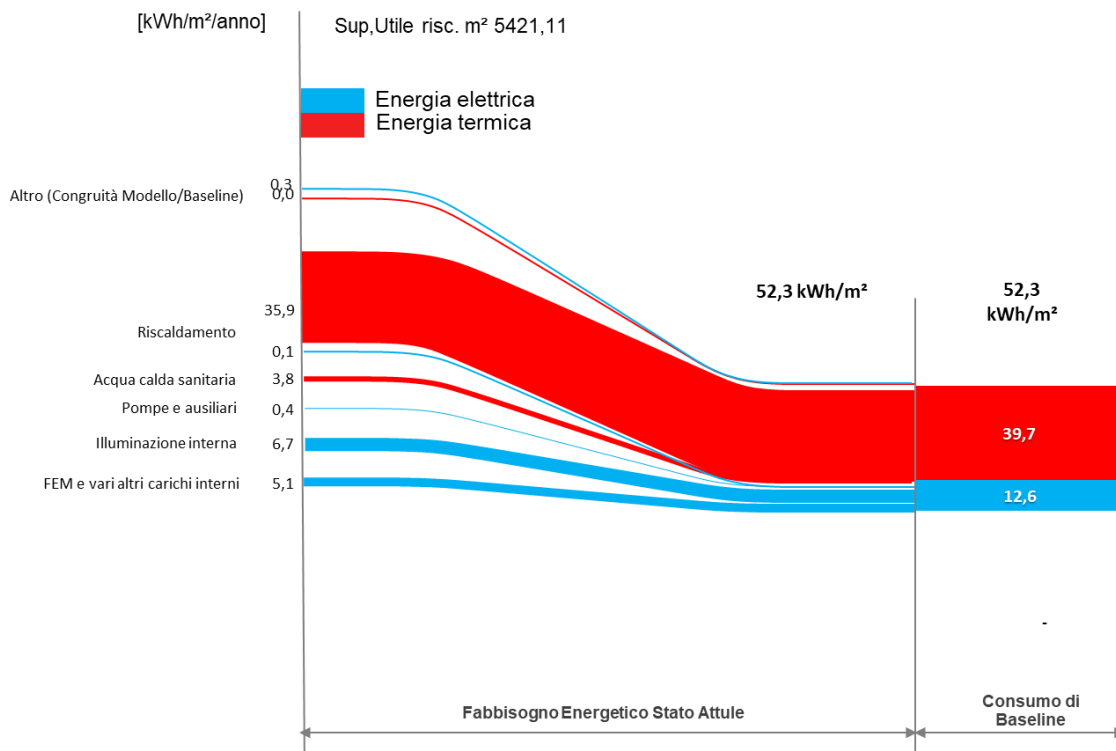
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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/(m<sup>2</sup> anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

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

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

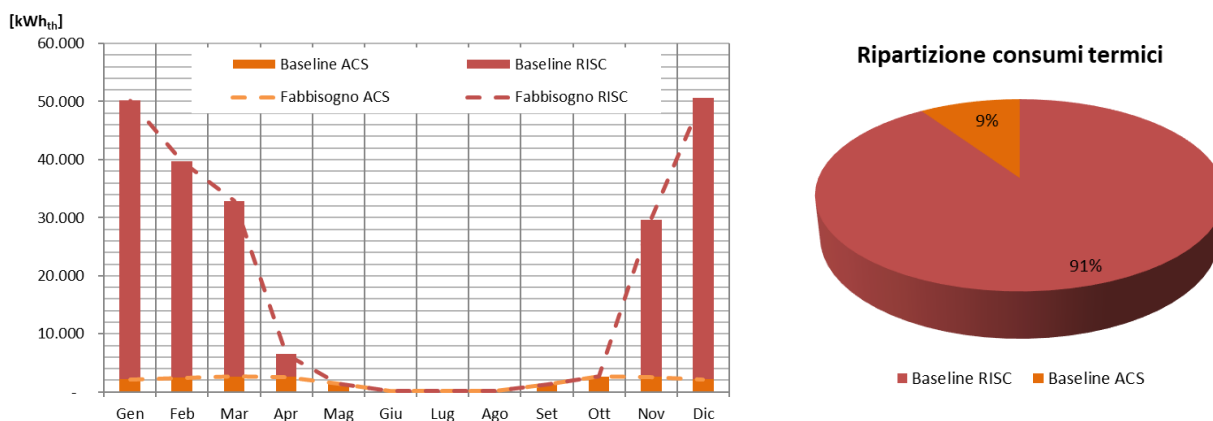
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine "Altro – Congruità" rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 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.

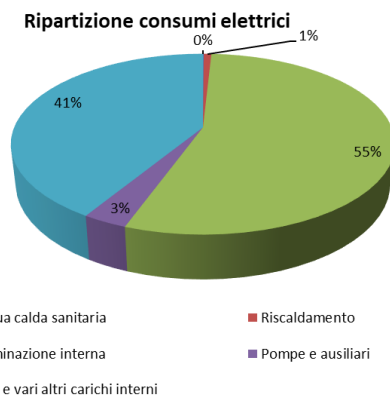
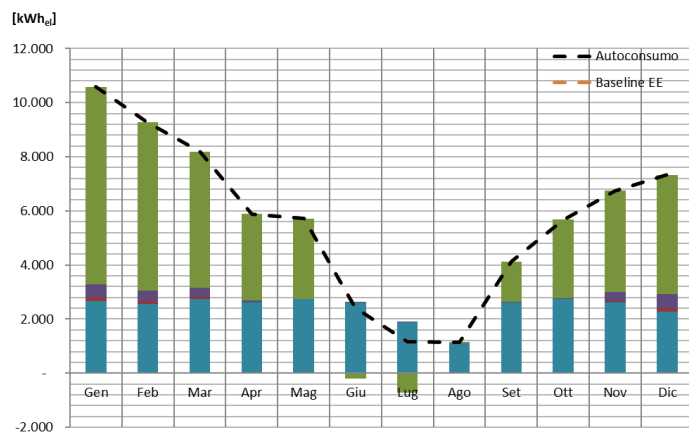
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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 la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi alla forza motrice utilizzata per le utenze della mensa e successivamente per l'illuminazione.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

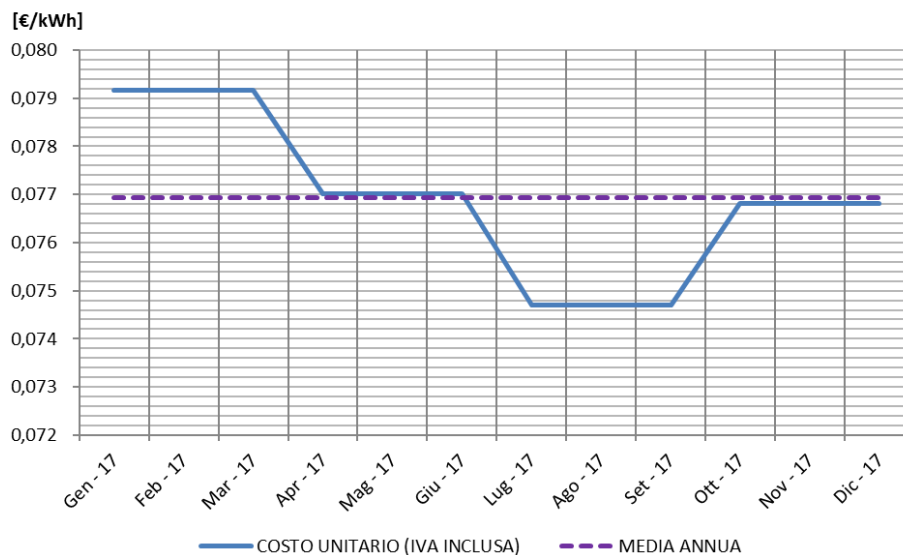
#### 7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 016220050599428: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;
- PDR 2 – 3270012382664: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. I consumi relativi a questa fornitura, riportati nel file "KyotoBaseline-EXXX\_rev.09", sono risultati essere nulli; è possibile che la fornitura fosse a servizio della mensa ed ora in disuso poiché si ricorre a pasti veicolati.

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 2017



#### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite due POD presenti all'interno dell'edificio, POD – IT001E00096212 e POD - IT001E02164532, con contratto di fornitura del vettore energetico stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura.

Solo uno dei due POD, in particolare IT001E00096212, è a servizio della scuola mentre la seconda fornitura è a servizio del teatro per cui non è stato possibile visionare i locali poiché spazio a sé stante e gestito da enti diversi da quello scolastico.

L'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura è stata condotta quindi per il solo POD a servizio della scuola, fornitura elettrica che concorre a definire la baseline di consumo del fabbricato oggetto di analisi.

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: IT001E00096212	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova. Patrimonio, demanio e sport. Via Francia n.1		
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	Non disponibile		
Potenza elettrica disponibile	30kW		
Tipologia di contratto	Fornitura BT		
Opzione tariffaria <sup>(10)</sup>	Contatore orario		
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(11)</sup>	0,068 €/kWh	0,056 €/kWh	0,055 €/kWh

Nota (10) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (11): 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: IT001E00096210	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	503	82	615	80	128	1.409	10.418	0,135
Feb - 14	485	79	592	76	123	1.356	8.831	0,154
Mar - 14	481	79	593	77	123	1.353	6.709	0,202
Apr - 14	395	89	525	64	107	1.180	5.057	0,233
Mag - 14	357	79	481	57	98	1.073	4.463	0,240
Giu - 14	272	61	334	44	71	783	1.811	0,432
Lug - 14	141	32	173	23	37	406	624	0,651
Ago - 14	119	26	224	21	39	428	668	0,641
Set - 14	264	55	381	43	74	818	3.974	0,206
Ott - 14	422	79	565	68	113	1.247	5.634	0,221
Nov - 14	456	89	615	76	124	1.361	7.072	0,192
Dic - 14	461	94	643	80	128	1.405	8.971	0,157
<b>Totale</b>	<b>4.358</b>	<b>846</b>	<b>5.741</b>	<b>709</b>	<b>1.165</b>	<b>12.819</b>	<b>64.232</b>	<b>0,200</b>
POD: IT001E00096210	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	499	93	681	89	136	1.498	11.048	0,136
Feb - 15	472	92	672	87	132	1.455	9.210	0,158
Mar - 15	478	98	712	93	138	1.519	8.983	0,169
Apr - 15	184	35	248	40	51	559	4.774	0,117
Mag - 15	237	35	324	52	65	713	5.207	0,137
Giu - 15	188	95	251	50	58	642	2.231	0,288
Lug - 15	186	36	287	45	55	608	993	0,613
Ago - 15	73	95	113	17	30	328	959	0,342
Set - 15	190	36	313	49	59	646	3.158	0,205
Ott - 15	285	96	589	81	105	1.156	3.397	0,340
Nov - 15	286	96	589	82	105	1.158	3.663	0,316
Dic - 15	183	36	349	53	62	682	4.361	0,156
<b>Totale</b>	<b>3.261</b>	<b>842</b>	<b>5.126</b>	<b>740</b>	<b>997</b>	<b>10.965</b>	<b>57.984</b>	<b>0,189</b>
POD: IT001E00096210	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	439	102	505	79	113	1.239	10.616	0,117
Feb - 16	366	105	523	82	108	1.184	10.022	0,118
Mar - 16	330	90	503	79	100	1.103	9.000	0,123
Apr - 16	339	169	405	71	98	1.083	7.827	0,138
Mag - 16	439	246	451	78	121	1.334	7.423	0,180
Giu - 16	254	126	303	53	74	810	2.903	0,279
Lug - 16	190	106	195	34	52	577	1.607	0,359
Ago - 16	160	104	183	31	48	527	1.718	0,307
Set - 16	378	117	332	62	89	978	5.102	0,192
Ott - 16	497	153	437	78	117	1.282	7.967	0,161
Nov - 16	583	180	513	62	134	1.472	9.531	0,154
Dic - 16	550	170	483	167	137	1.508	8.804	0,171
<b>Totale</b>	<b>4.527</b>	<b>1.668</b>	<b>4.834</b>	<b>878</b>	<b>1.191</b>	<b>13.097</b>	<b>82.520</b>	<b>0,159</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

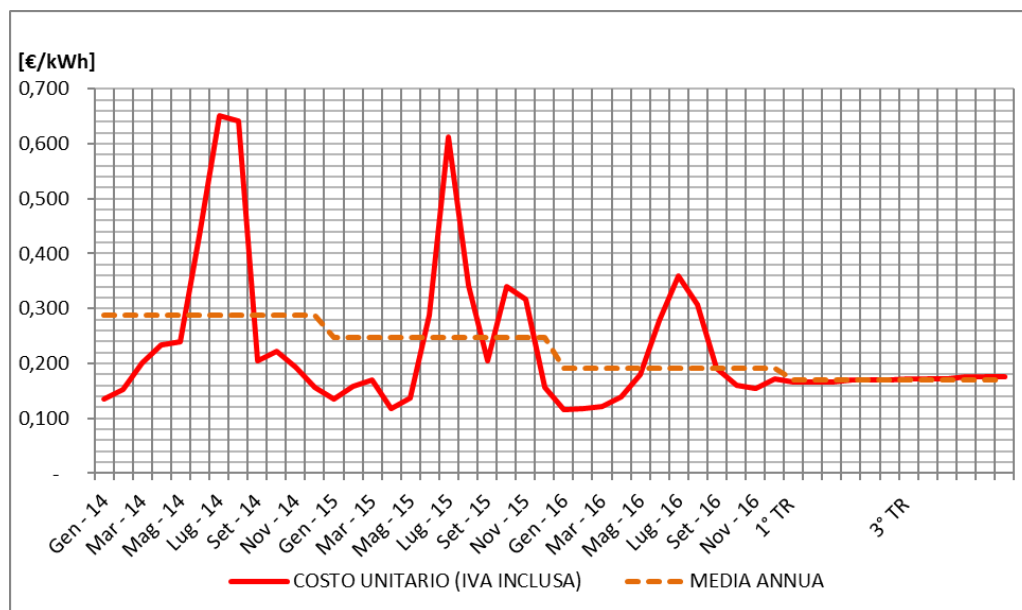
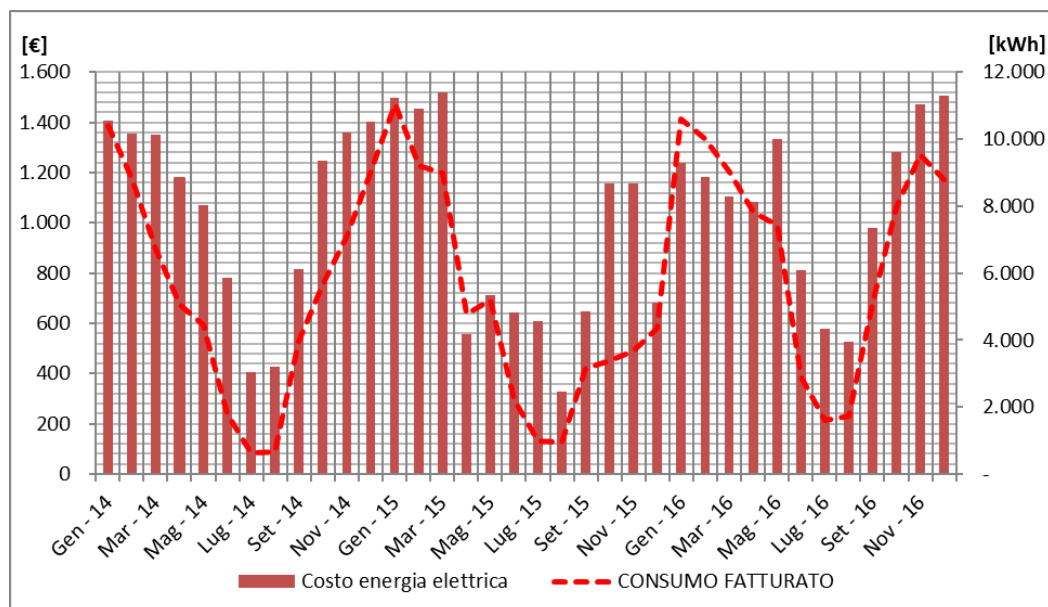


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è variabile, in particolare tra le annualità 2014 e 2016; per il 2017 invece il costo unitario si attesta intorno a valori simili all’anno 2015.

## 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	-	64.232	12.819	0,200	nd

2015	0	nd	-	57.984	10.965	0,189	nd
2016	234012	nd	-	82.520	13.097	0,159	nd
2017	-	16.822	0,0781	-	11.603	0,170	28.425

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>	0,078 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu <sub>EE</sub>	0,170 [€/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:

- L1-042-091

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 € 27.693,27.

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

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

e sono ripartiti in una quota ordinaria (C<sub>MO</sub>) e in una quota straordinaria (C<sub>MS</sub>) 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 <sub>MO</sub>	8.589 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C <sub>MS</sub>	2.283 [€/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:

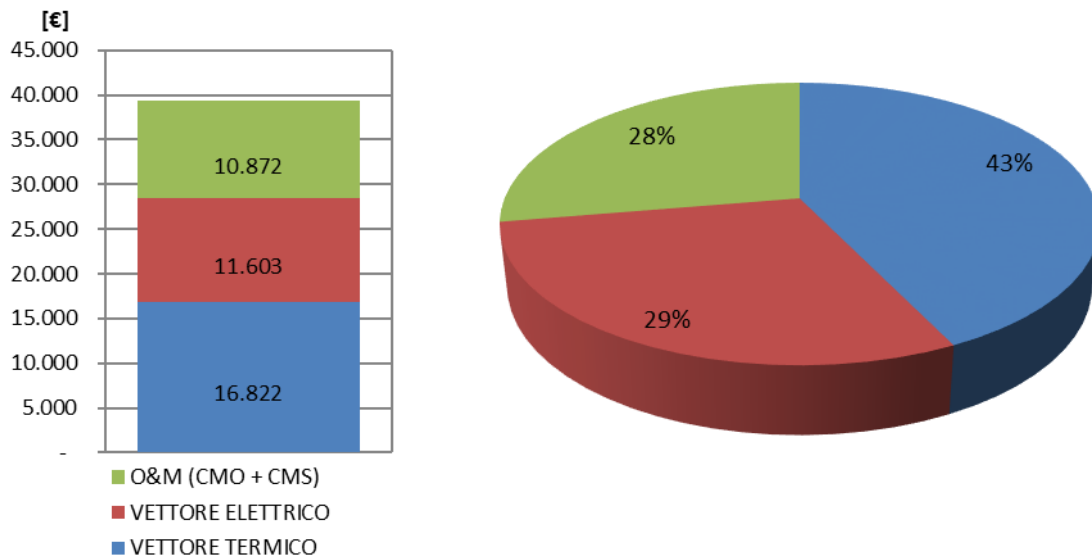
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 8.588 € e un  $C_{baseline}$  pari a 15.751 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
215.254	0,078	16.822	68.245	0,170	11.603	10.872	8.589	2.283	39.297

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 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.

Figura 8.1 – Particolare dei serramenti esistenti



###### Descrizione dei lavori

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

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

###### Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione serramenti

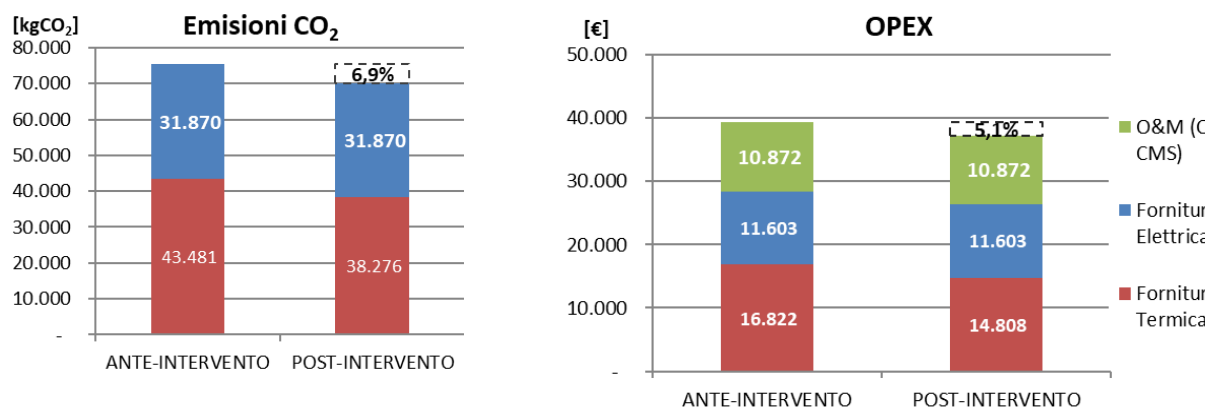
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 - Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	4	1,2	70,0%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	215.346	189.566	12,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	66.577	66.577	0,0%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	215.254	189.485	12,0%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	68.245	68.245	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	43.481	38.276	12,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	31.870	31.870	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO <sub>2</sub> ]	75.352	70.146	6,9%
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	16.822	14.808	12,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	11.603	11.603	0,0%
Fornitura Energia, C <sub>E</sub>	[€]	28.425	26.411	7,1%
C <sub>MO</sub>	[€]	8.589	8.589	0,0%

$C_{MS}$	[€]	2.283	2.283	0,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	10.872	10.872	0,0%
OPEX	[€]	39.297	37.283	5,1%
Classe energetica		E	C	+1 CLASSE

Nota (12) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,17 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



#### EEM4: Controsoffitto isolato

##### Generalità

La misura prevede la controsoffittatura e l'isolamento del solaio al primo piano, in modo da limitare la dispersione termica del pacchetto costruttivo verso l'esterno.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

La realizzazione di un controsoffitto isolato consente di limitare le dispersioni di calore verso l'esterno con la conseguente riduzione dei consumi legati alla climatizzazione invernale del fabbricato; le altezze interne dei locali consentono infatti di realizzare, in aderenza alla struttura presente, un pacchetto fino a 20cm di spessore.

##### Descrizione dei lavori

Le attività previste consistono nell'iniziale tracciamento e nella posa dell'orditura metallica, cui segue l'inserimento del pannello isolante di tipo fibroso; dopo queste operazioni verranno posate le lastre, perpendicolarmente rispetto all'orditura alla quale vengono fissate, con i giunti di testa sfalsati di almeno 400mm. Nel caso di rivestimento costituito da più strati, è necessario sfalsare i giunti nelle due direzioni. Per il primo strato, l'interasse dei punti di fissaggio può essere aumentato fino a due volte: gli strati successivi devono essere applicati entro un breve tempo (indicativamente un giorno).

##### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.3.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM4 – controperete isolata

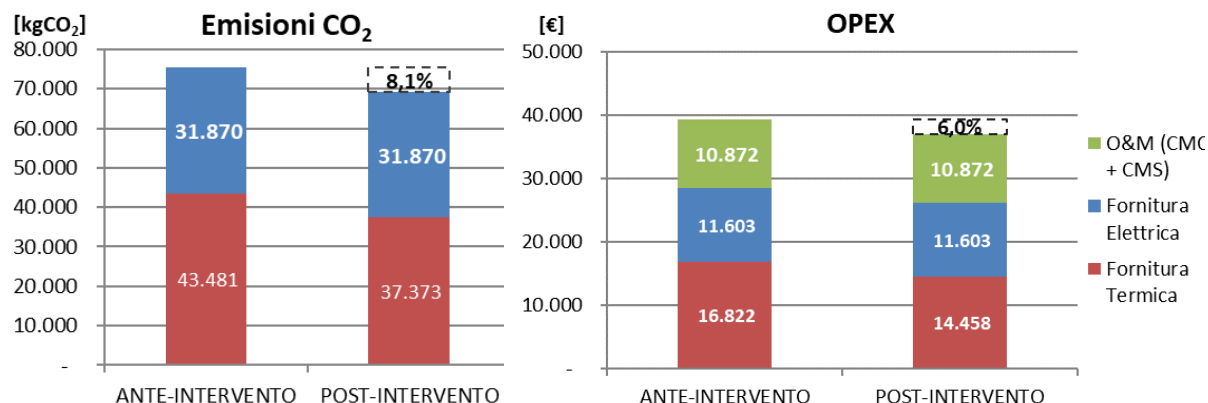
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 - Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	1,7	0,2	88,2%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	215.346	185.093	14,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	66.577	66.577	0,0%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	215.254	185.014	14,0%

EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	68.245	68.245	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	43.481	37.373	14,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	31.870	31.870	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO <sub>2</sub> ]	75.352	69.243	8,1%
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	16.822	14.458	14,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	11.603	11.603	0,0%
Fornitura Energia, C <sub>E</sub>	[€]	28.425	26.062	8,3%
C <sub>MO</sub>	[€]	8.589	8.589	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.283	2.283	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	10.872	10.872	0,0%
OPEX	[€]	39.297	36.933	6,0%
Classe energetica		E	D	+1 classe

Nota (13) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,17 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM4: 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

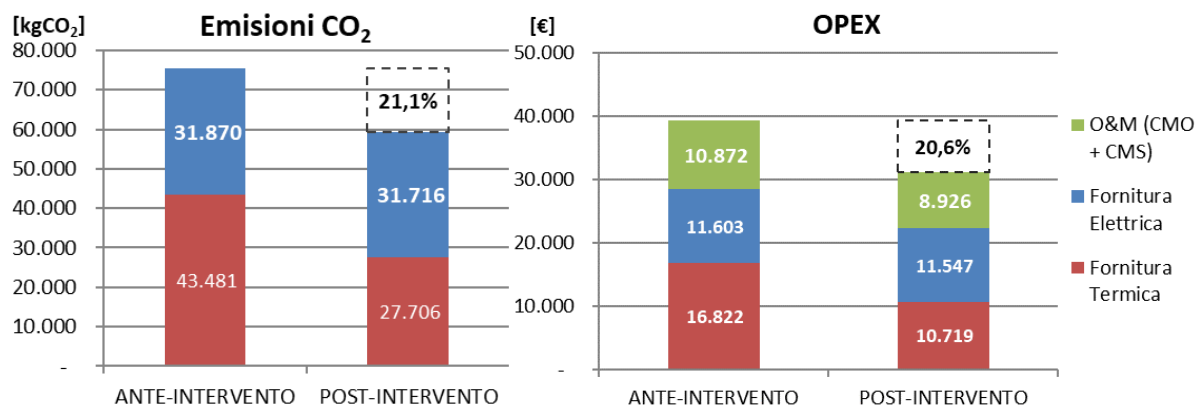
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.4; Oltre ai risparmi riconducibili alla riduzione del consumo energetico è stata considerata una riduzione relativa ai costi manutentivi ad ora sostenuti dalla PA, questo perché la presenza di 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 8.3 – Risultati analisi EEM2 – Installazione termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EEM2 - Rendimento impianto</b>	%	95%	176%	<b>-84,7%</b>
<b>Q<sub>teorico</sub></b>	[kWh]	215.346	137.218	<b>36,3%</b>
<b>EE<sub>teorico</sub></b>	[kWh]	66.577	66.255	<b>0,5%</b>
<b>Q<sub>baseline</sub></b>	[kWh]	215.254	137.159	<b>36,3%</b>
<b>EE<sub>baseline</sub></b>	[kWh]	68.245	67.915	<b>0,5%</b>
<b>Emiss. CO2 Termico</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	43.481	27.706	<b>36,3%</b>
<b>Emiss. CO2 Elettrico</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	31.870	31.716	<b>0,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	<b>75.352</b>	<b>59.423</b>	<b>21,1%</b>
<b>Fornitura Termica, C<sub>Q</sub></b>	[€]	16.822	10.719	<b>36,3%</b>
<b>Fornitura Elettrica, C<sub>EE</sub></b>	[€]	11.603	11.547	<b>0,5%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	[€]	<b>28.425</b>	<b>22.266</b>	<b>21,7%</b>
<b>C<sub>MO</sub></b>	[€]	8.589	6.871	<b>20,0%</b>
<b>C<sub>MS</sub></b>	[€]	2.283	2.055	<b>10,0%</b>
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	[€]	<b>10.872</b>	<b>8.926</b>	<b>17,9%</b>
<b>OPEX</b>	[€]	<b>39.297</b>	<b>31.192</b>	<b>20,6%</b>
<b>Classe energetica</b>		E	D	+1 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,17 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

## 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 nel 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 UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
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	719,5	m2	€ 30,11	€ 27,37	€ 19.694,13	22%	€ 24.026,84
205071d	Serramento realizzato con profili estrusi di pvc prodotti secondo la norma DIN 7748, esenti da cadmio, autoestinguenti, classe 1 di reazione al fuoco, a 5 camere rinforzati con profili in acciaio zincato spessore 15/10, guarnizioni in TPE coestruse e saldate negli angoli, completo di controtelaio, esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e vetrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210: vetrocamera 33.1-16-33.1 bassoemissivo con gas argon, Uw = 1,2 W/mqK, Ug = 1,1 W/mqK, Uf = 1,2 W/mqK, Rw = 35 dB: portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 mq)	Prezzario DEI	125	cad	€ 520,00	€ 472,73	€ 59.093,91	22%	€ 72.094,57



PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	107,3	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 740,32	22%	€ 903,19
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	108	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 1.154,77	22%	€ 1.408,81
25.A80.A30.010	Solo posa in opera di finestra o portafinestra in alluminio, PVC, legno, acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio.	Prezziario Regione Liguria	719	mq	€ 48,53	€ 44,12	€ 31.742,15	22%	€ 38.725,42
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 3.372,76	22%	€ 4.114,77
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 7.869,77	22%	€ 9.601,12
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> - EEM1)</b>							<b>€ 123.668</b>	<b>22%</b>	<b>€ 150.875</b>
	<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							
	<b>Durata incentivi</b>								
	<b>Incentivo annuo</b>								

#### **EEM4: Controsoffitti isolati**

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella realizzazione di un controsoffitto isolato.

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM4– Sostituzione serramenti

Codice	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
1.4.4. D20	Scrostamento di intonaco interno ed esterno, compreso il calo in basso, il carico su qualsiasi mezzo di trasporto dei materiali di risulta, esclusi i ponteggi, misurato sulla superficie effettiva di scrostamento per intere campiture	Prezziario Regione Liguria	2554,53	m2	€ 20,50	€ 18,64	€ 47.607,15	22%	€ 58.080,72
1.16.1. A10	Solo posa controsoffitti, per superfici piane, compresa la fornitura e la posa della struttura metallica di sospensione, la sigillatura dei giunti con garza e successiva rasatur; REI120, di lastre di gesso protetto o fibrogesso	Prezziario Regione Liguria	2554,53	m2	€ 50,05	€ 45,50	€ 116.231,12	22%	€ 141.801,96
1.15.5. S02	Pannello per isolamento termico acustico, composto al 100% di poliestere proveniente in gran parte dalla raccolta e lavorazione delle bottiglie in PET, per pareti e coperture. Densità' 30 Kg/m³. Lambda <=0,040 W/mK - spessore da 20 a 140 mm	Prezziario Regione Liguria	2554,53	m2/cm	€ 1,76	€ 1,60	€ 49.046,98	22%	€ 59.837,31
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 6.386,56	22%	€ 7.791,60

Costi progettazione (in % su importo lavori)	7%	%	€ 15.349,03	22%	€ 18.725,81
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> - EEM4)</b>			<b>€ 234.621</b>	<b>22%</b>	<b>€ 286.237</b>
Incentivi	[Conto termico]				<b>100.000</b>
Durata incentivi					<b>5</b>
Incentivo annuo					<b>20.000</b>

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

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

Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie oggetto dell'intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **255mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **circa 112 €/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 ammissibile (C <sub>max</sub> )	Valore massimo dell'incentivo (I <sub>max</sub> ) [€]	
<b>i. Strutture opache orizzontali<sup>13</sup>: isolamento coperture</b>				
Esterno	40 (*) (**)	200 €/m <sup>2</sup>	(i+ii+iii) ≤ 400.000	
<b>Interno</b>	<b>40 (*) (**)</b>	<b>100 €/m<sup>2</sup></b>		
Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m <sup>2</sup>		
<b>ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti</b>				
Esterno	40 (*) (**)	120 €/m <sup>2</sup>		
Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>		
<b>iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali</b>				
Esterno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>		
Interno	40 (*) (**)	80 €/m <sup>2</sup>		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m <sup>2</sup>		

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

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione dell'attuale generatore di calore e nell'installazione di termovalvole sui radiatori esistenti.

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

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione termovalvole

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
PR.C76.B10.005	Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 590 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 18.785,25	€ 17.077,50	€ 34.155,00	22%	€ 41.669,10
PR.C84.C05.505	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	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 179,63	€ 163,30	€ 326,60	22%	€ 398,45
40.C10.B10.120	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 392,78	€ 357,07	€ 714,15	22%	€ 871,26
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	20	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 384,18	22%	€ 468,70
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	5	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 129,36	22%	€ 157,82
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	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81



## E1150 - Scuola Media "A.Gramsci" e Scuola Elementare "Tommaseo"

impianti civili e industriali per esterno									
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	200	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 858,18	22%	€ 1.046,98
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	150	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 4.830,00	22%	€ 5.892,60
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	4	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 16.680,76	22%	€ 20.350,53
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	4	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 353,96	22%	€ 431,84
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	62	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.796,87	22%	€ 2.192,18
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.866,53	22%	€ 2.277,17
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 4.355,24	22%	€ 5.313,40
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> - EEM2)</b>							<b>€ 68.440</b>	<b>22%</b>	<b>€ 83.496</b>
<b>Incentivi</b>		<b>Conto termico</b>		<b>€ 33.398</b>					
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>							
<b>Incentivo annuo</b>		<b>€ 6.680</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 **740kW**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **113€/kW**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

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

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

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### **EEM1: 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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	150.875
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	25
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	-
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	55,0	55,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	80,7	80,7
Valore attuale netto	VAN	- 97.609	- 97.609
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,4%	-4,4%
Indice di profitto	IP	-0,65	-0,65

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

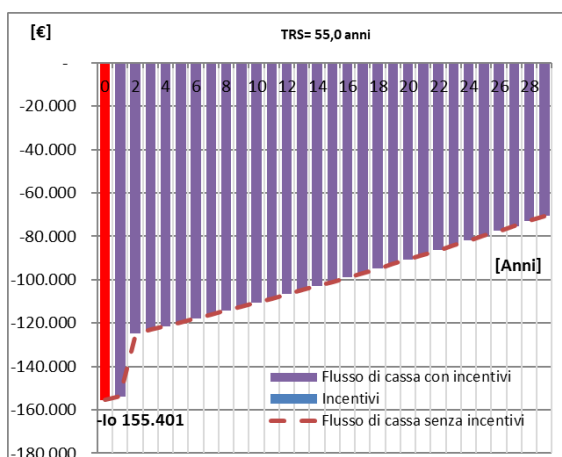
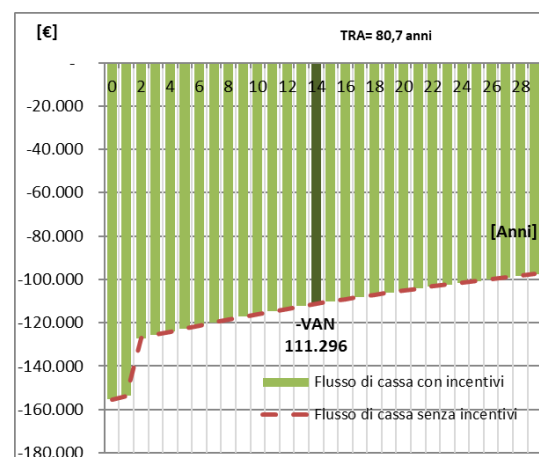


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



#### EEM4: Controsoffitto isolato

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

Tabella 9.5 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	286.237
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	25
Incentivo annuo	B	€/anno	20.000

Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
<b>INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO</b>		<b>VALORE SENZA INCENTIVI</b>	<b>VALORE CON INCENTIVI</b>
Tempo di rientro semplice	TRS	74,2	40,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	102,8	50,5
Valore attuale netto	VAN	- 208.801	- 119.765
Tasso interno di rendimento	TIR	-6,7%	-3,6%
Indice di profitto	IP	-0,73	-0,42

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle [Figura 9.9 e Figura 9.10](#) [Figura 9.8](#).

Figura 9.3 –EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

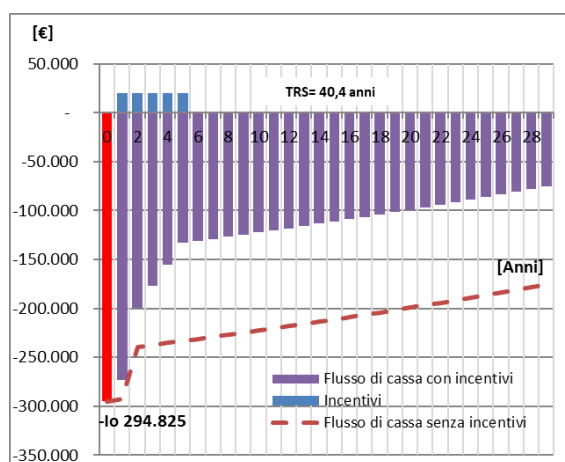
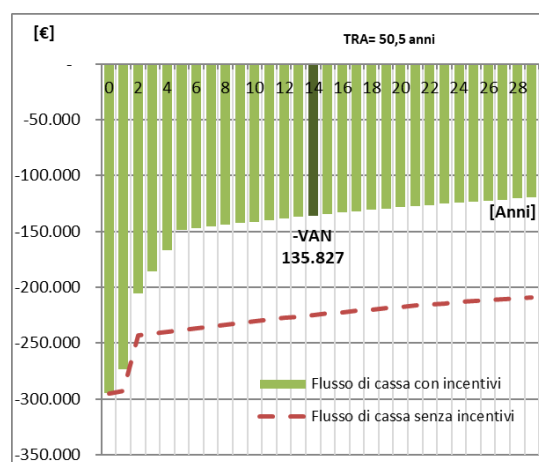


Figura 9.4 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, attraverso la forma incentivante del conto termico, risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno di circa 17 anni.

### **EEM2: Sostituzione caldaia ed installazione termovalvole**

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Sostituzione serramenti

<b>PARAMETRO FINANZIARIO</b>		<b>U.M.</b>	<b>VALORE</b>
Investimento Iniziale	$I_0$	€	83.496
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	6.680
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
<b>INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO</b>		<b>VALORE SENZA INCENTIVI</b>	<b>VALORE CON INCENTIVI</b>
Tempo di rientro semplice	TRS	10,2	5,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,5	7,6
Valore attuale netto	VAN	3.318	33.055

Tasso interno di rendimento	TIR	4,6%	11,1%
Indice di profitto	IP	0,04	0,40

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

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

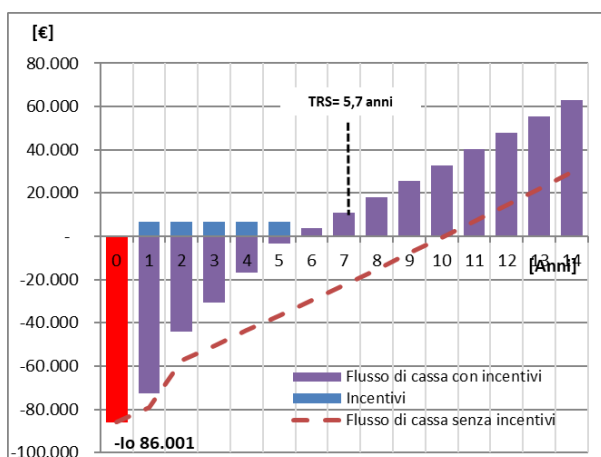
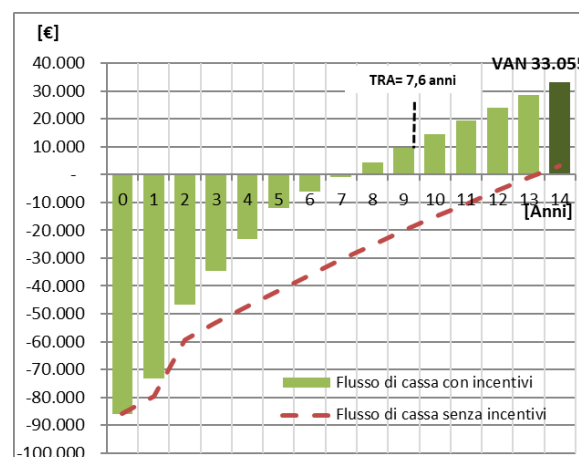


Figura 9.6 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 5 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											
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta_{CO2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	7%	7%	2.014	0	0	150.875	55,0	80,7	30	-97.609	-4,4%	-0,65
EEM 2	22%	21%	6.159	1.718	228	83.496	10,2	13,5	15	3.318	4,6%	0,04
EEM4	8%	8%	2.363	0	0	286.237	74,2	102,8	30	-208.801	-6,7%	-0,73

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

Dall'analisi dei risultati emerge che pur con 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											
	% $\Delta E$	% $\Delta_{CO2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP

	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	7%	7%	2.014	0	0	150.875	55,0	80,7	30	-97.609	-4,4%	-0,65
EEM 2	22%	21%	6.159	1.718	228	83.496	5,7	7,6	15	33.055	11,1%	0,40
EEM4	8%	8%	2.363	0	0	286.237	40,4	50,5	30	-119.765	-3,6%	-0,42

### 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 paramento 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 n-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:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione del generatore di calore con l'installazione di termovalvole
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM4:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione dei serramenti, del generatore di calore e l'installazione di termovalvole e nella realizzazione di un controsoffitto isolato

### 9.3.1 Scenario 1: EEM2

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

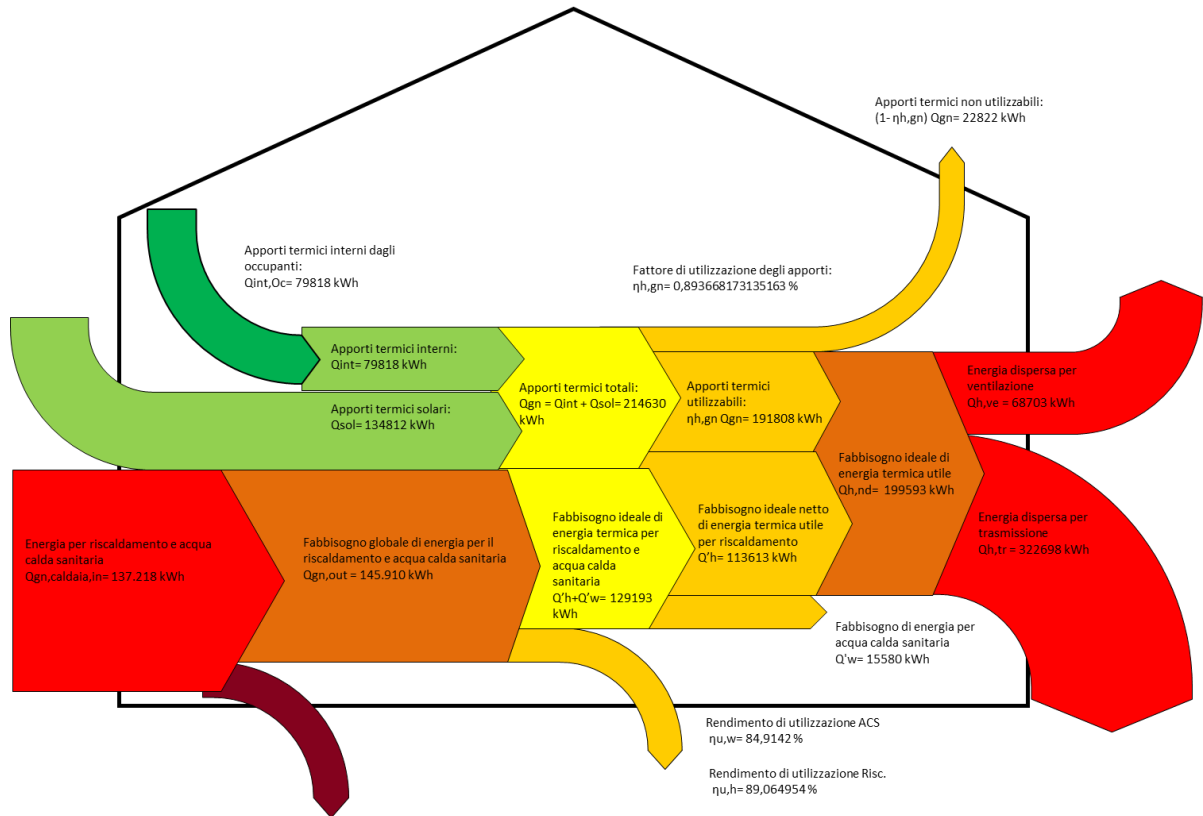
- EEM2: sostituzione generatore di calore ed installazione di termovalvole

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA AI 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	62.218	13.688	75.906
Costi per la sicurezza	1.867	411	2.277
Costi per la progettazione	4.355	958	5.313
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>68.440</b>	<b>15.057</b>	<b>83.496</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	6.954	2.080	9.034
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>6.954</b>	<b>2.080</b>	<b>9.034</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	33.398	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		6.680	

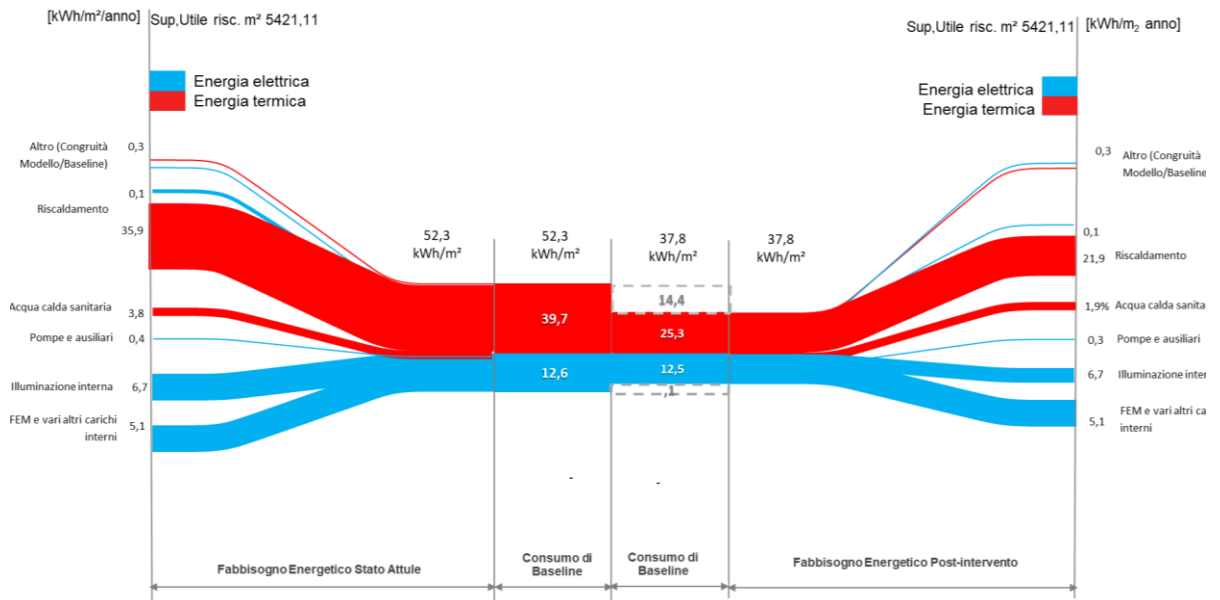
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



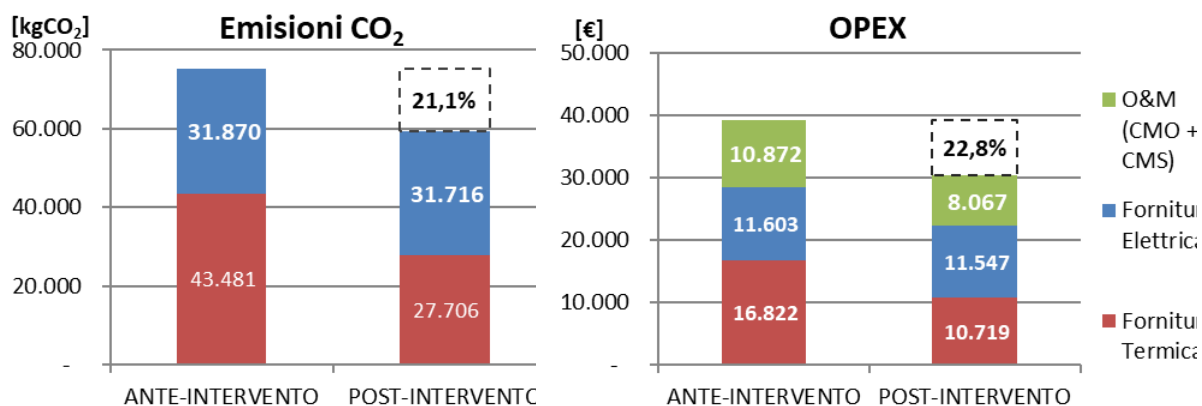
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 e nella Figura 9.9

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 – EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
-------------------	------	-----------------	-----------------	------------------------



EM2 – rendimento impianto	%	0,953	1,76	-84,7%
$Q_{teorico}$	[kWh]	215.346	137.218	36,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	66.577	66.255	0,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	215.254	137.159	36,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	68.245	67.915	0,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	43.481	27.706	36,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	31.870	31.716	0,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO <sub>2</sub> ]	75.352	59.423	21,1%
Fornitura Termica, $C_q$	[€]	16.822	10.719	36,3%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	11.603	11.547	0,5%
Fornitura Energia, $C_E$	[€]	28.425	22.266	21,7%
$C_{MO}$	[€]	8.589	6.012	30,0%
$C_{MS}$	[€]	2.283	2.055	10,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	10.872	8.067	25,8%
OPEX	[€]	39.297	30.333	22,8%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020

Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	0,02
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	$f$	0,005
deriva dell'inflazione	$f'$	0,007
%, interessi debito	$k_D$	0,038
%, interessi equity	$k_E$	0,09
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	0,24
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	0,039
Aliquota fiscale	$\tau$	0,279
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	7
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_D$	83.496
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	2.505
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	86.001
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,80
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	0,20
Debito	$I_D$	68.801
Equity	$I_E$	17.200
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	6,13
Rata annua debito	$q_D$	11.216
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	78.511
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	9.710

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	28.293
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	8.693
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	36.986
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%<math>\Delta C_E</math></b>	0,22
Riduzione% costi O&M	<b>%<math>\Delta C_M</math></b>	0,26
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%<math>C_{Baseline}</math></b>	0,02
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	5.996
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	740
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	69.399
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	9.996
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	14
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	0,31
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	1.881
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	694
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	2.682
Canone O&M €/anno	<b>CnM</b>	6.697
Canone Energia €/anno	<b>CnE</b>	24.292
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>CnS</b>	30.990
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>CnD</b>	5.257
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>Cn</b>	36.246

Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	0
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	15.057
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	33.398
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 della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	6,9
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	9,2
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	14763
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	0,08
Indice di Profitto	<b>IP</b>	0,18
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	4,7
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	9,3
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	8.368
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; k<sub>e</sub></b>	0,20
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	1,10
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	1,49
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	0,10

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

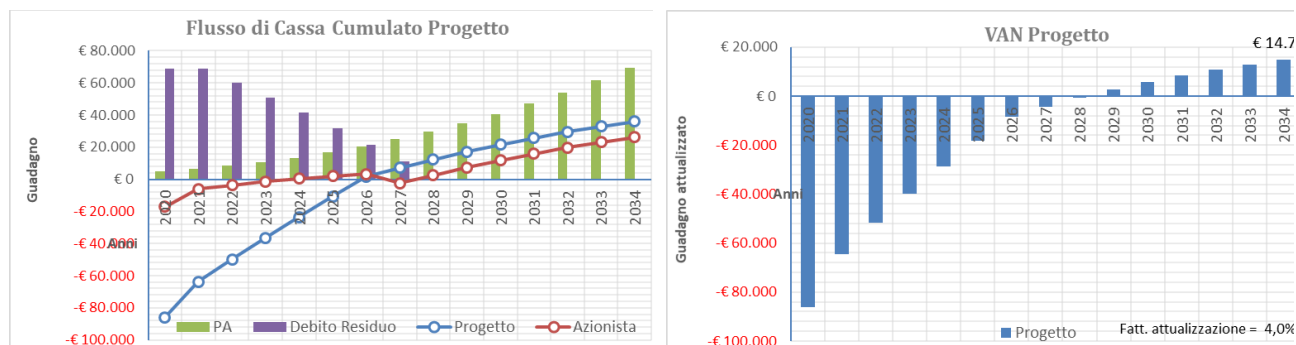


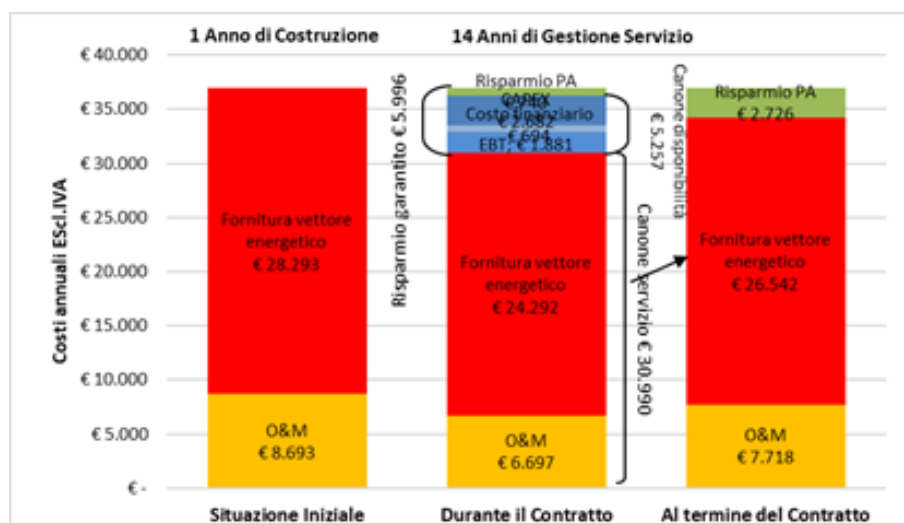
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente sia per la PA che per la 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+EEM4:

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
- EEM4: controsoffitto isolato

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	112.425	24.734	137.159
EEM2 Fornitura & Posa	62.218	13.688	75.906
EEM4 Fornitura & Posa	212.885	46.835	259.720
Costi per la sicurezza	11.626	2.558	14.184
Costi per la progettazione	27.574	6.066	33.640
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>426.728</b>	<b>93.880</b>	<b>520.608</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	8.693	2.311	11.004
EEM2 O&M	6.954	2.080	9.034
EEM4 O&M	8.693	2.311	11.004
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>6.954</b>	<b>2.080</b>	<b>9.034</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	195.930	
Durata incentivi		5	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>39.186</b>	

Per lo SCN2 è stato considerato anche il contributo del conto termico relativo alla sostituzione dei

serramenti, questo perché congiuntamente si prevede l'installazione delle valvole termostatiche su tutti i terminali di emissione.

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

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

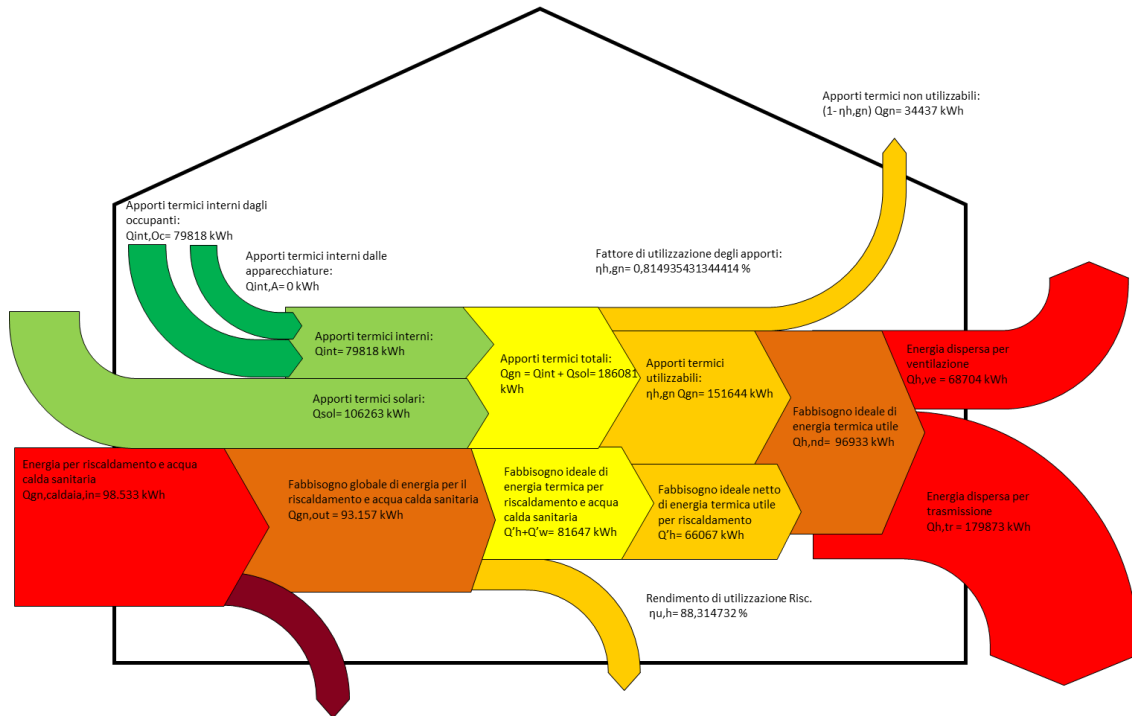
Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : 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)
- $S_{int}$ : superficie oggetto dell'intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **720mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **circa 210 €/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	40 (**)	350 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche A, B, C	75.000
ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento	40 (**)	450 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche D, E, F	100.000

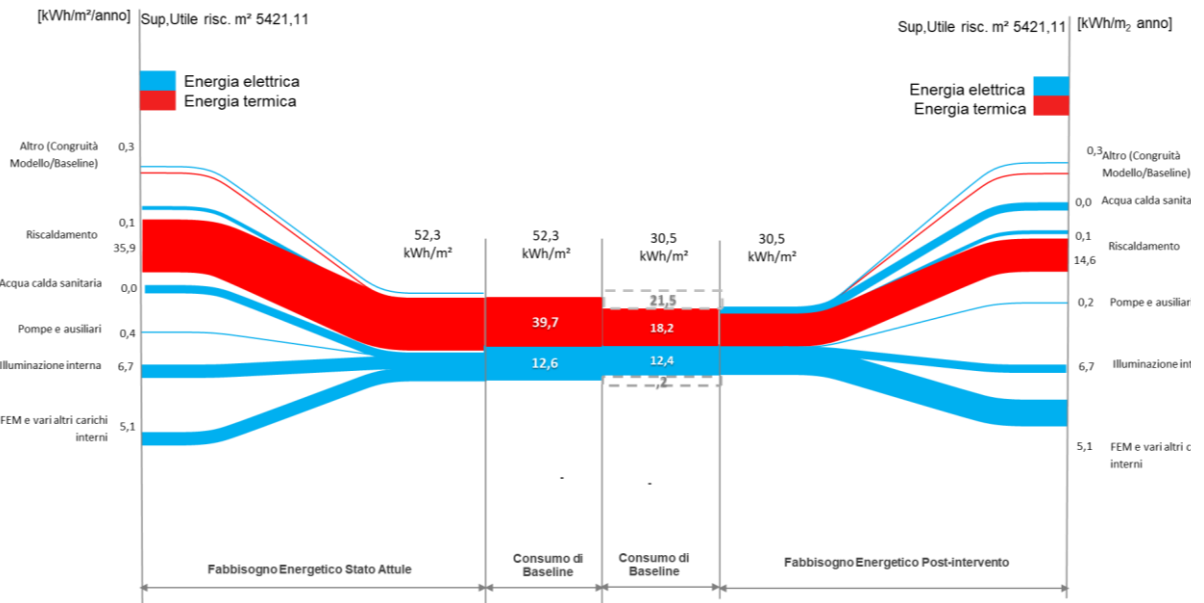
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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

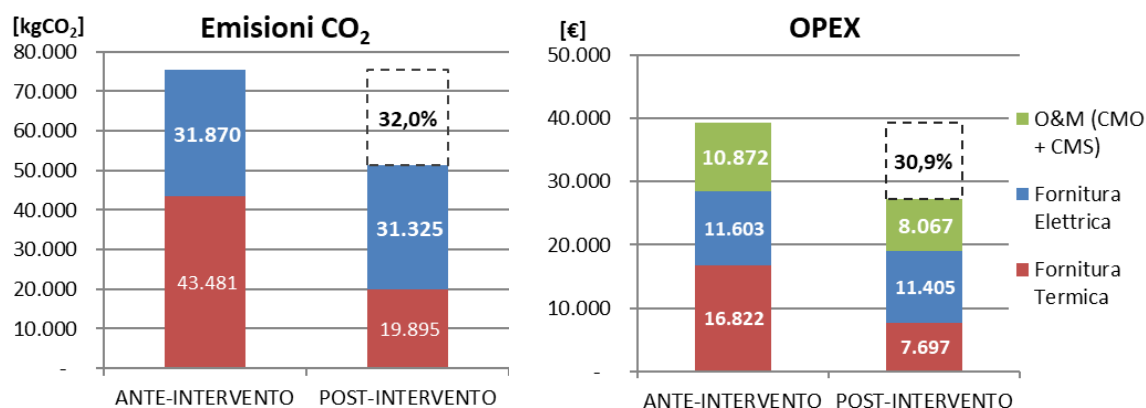


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.15 e nella Tabella 9.15

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 - Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	4	1,2	70,0%
EM2 - Rendimento	%	95%	176%	-84,7%
EM4 - Trasmittanza	[W]	1,7	0,2	88,2%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	215.346	98.533	54,2%

$EE_{teorico}$	[kWh]	66.577	65.437	1,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	215.254	98.491	54,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	68.245	67.077	1,7%
<b>Emiss. CO2 Termico</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>43.481</b>	<b>19.895</b>	<b>54,2%</b>
<b>Emiss. CO2 Elettrico</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>31.870</b>	<b>31.325</b>	<b>1,7%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>75.352</b>	<b>51.220</b>	<b>32,0%</b>
<b>Fornitura Termica, C<sub>Q</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>16.822</b>	<b>7.697</b>	<b>54,2%</b>
<b>Fornitura Elettrica, C<sub>EE</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>11.603</b>	<b>11.405</b>	<b>1,7%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>28.425</b>	<b>19.101</b>	<b>32,8%</b>
<b>C<sub>MO</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>8.589</b>	<b>6.012</b>	<b>30,0%</b>
<b>C<sub>MS</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>2.283</b>	<b>2.055</b>	<b>10,0%</b>
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>[€]</b>	<b>10.872</b>	<b>8.067</b>	<b>25,8%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>39.297</b>	<b>27.168</b>	<b>30,9%</b>
<b>Classe energetica</b>	<b>[-]</b>	<b>D</b>	<b>A1</b>	<b>+2 classi</b>

 Figura 9.15 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline


È 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+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	24
Anni Concessione	$n$	25
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	$f$	0,005
deriva dell'inflazione	$f'$	0,007
%, interessi debito	$k_D$	0,038
%, interessi equity	$k_E$	0,09
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	0,24
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	0,039
Aliquota fiscale	$\tau$	0,279



## E1150 - Scuola Media "A.Gramsci" e Scuola Elementare "Tommaseo"

Anni debito (finanziamento)	$n_D$	10
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_D$	520.608
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	$Of$	15.618
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	536.227
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,8
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	0,2
Debito	$I_D$	428.981
Equity	$I_E$	107.245
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	8
Rata annua debito	$q_D$	51.673
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	516.732
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	87.751

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	28.293
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	8.693
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	36.986
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	0,000
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	0,327
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,258
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,020
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	7.928
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	740
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	182.131
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	15.502
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	24
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	-0,301
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	-6.735
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	3.656
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	10.267
Canone O&M €/anno	<b>CnM</b>	6.869
Canone Energia €/anno	<b>CnE</b>	22.188
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>CnS</b>	29.058
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>CnD</b>	7.189
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>Cn</b>	36.246
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	0
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	93.880
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	195.930
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.18 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN12

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	46

Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	139
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	-160.196
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	-0,02
Indice di Profitto	<b>IP</b>	-0,31
<b>INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE</b>		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	70
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	315
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	-132.006
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	-0,10
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	0,75
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	0,60
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	-0,25

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

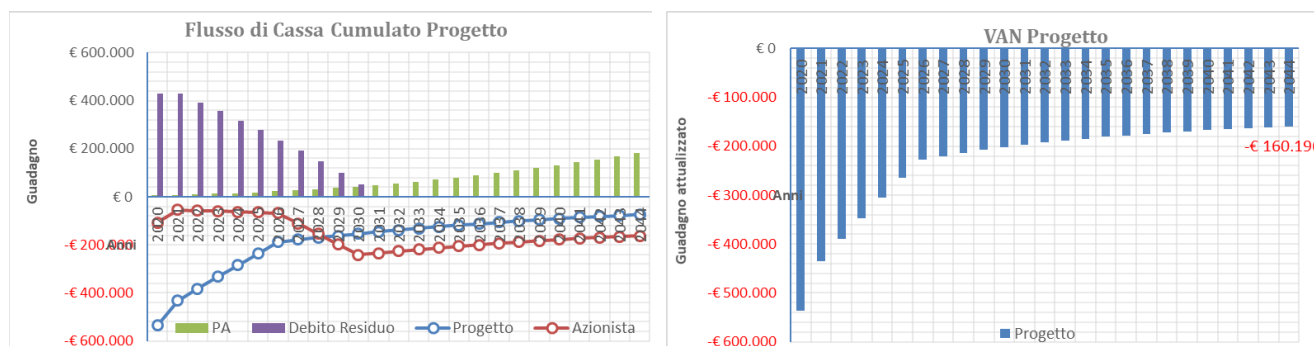
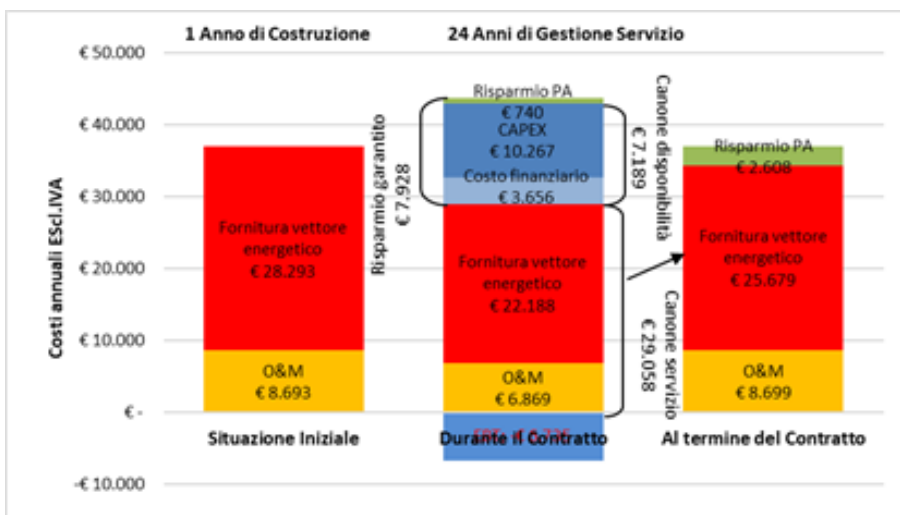


Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi non risulta conveniente nè per la PA nè per la ESCO.



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la *Scuola Media "A.Gramsci" e Scuola Elementare "Tommaseo"* è risultato che l'edificio presenta degli indici di performance termica ed elettrica sufficienti.

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

Gli interventi di efficientamento previsti per la struttura interessano l'involucro 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, pur consentendo 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, nella sua totalità, risulta essere caratterizzato da componenti impiantistici e costruttivi seppur non eccessivamente datati non sempre in ottime condizioni manutentive.

Per quanto concerne l'involucro gli standard prestazionali sono poco mediocri, con soluzioni costruttive ed elementi obsoleti con livelli di isolamento termico quasi nulli; la maggior parte dei serramenti presenti risale infatti agli anni '80 ed è del tipo a vetro singolo e telaio in alluminio.

Tutti questi fattori fanno sì che l'edificio sia particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla sostituzione di questi elementi.

Intervenire quindi sull'impianto e sull'involucro apporta una riduzione dei consumi tale da permettere l'aumento maggiore di due classi energetiche, dalla classe F alla classe C.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
Planimetrie Involucro	TAVOLA DI INQUADRAMENTO	26/11/2017	E01150.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANI	26/11/2017	E01150S.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO PRIMO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SOTTO STRADA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1SS.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SECONDO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERZO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN3.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 Involucro	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO SCOLASTICO / SOCIALE	26/11/2017	PIANTP.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA U.I.U. CIVILE	26/11/2017	UIU002.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA	26/11/2017	091-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 00	26/11/2017	L1-042-091-P00.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 01	26/11/2017	L1-042-091-P01.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 02	26/11/2017	L1-042-091-P02.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 03	26/11/2017	L1-042-091-P03.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO SOTTO STRADA	26/11/2017	L1-042-091-S01.dwg
Checklist Termici	L1-042-091-P00-Checklist	26/11/2017	L1-042-091-P00-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-091-P01-Checklist	26/11/2017	L1-042-091-P01-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-091-P02-Checklist	26/11/2017	L1-042-091-P02-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-091-P03-Checklist	26/11/2017	L1-042-091-P03-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-091-S01-Checklist	26/11/2017	L1-042-091-S01-Checklist.xlsx
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14	08/11/2017	5700065497
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14	08/11/2017	5700098222
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-01-14 al 31-03-14	08/11/2017	5700134953
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700176198
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-04-14 al 31-05-14	08/11/2017	5700214976
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-06-14 al 30-06-14	08/11/2017	5700248943
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14	08/11/2017	5700291175
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-08-14 al 30-09-14	08/11/2017	5700345592
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-09-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700411925
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14	08/11/2017	5700373692
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14	08/11/2017	5700065497
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14	08/11/2017	5700098222
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-02-14 al 31-03-14	08/11/2017	5700134953
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700176198
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-04-14 al 31-05-14	08/11/2017	5700214976
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-06-14 al 30-06-14	08/11/2017	5700248943
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14	08/11/2017	5700291175
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-08-14 al 30-09-14	08/11/2017	5700345592
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14	08/11/2017	5700373692
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-10-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700411925
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700492869
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700544104
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5700544104
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-04-15 al 30-04-15	08/11/2017	E000140845
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-05-15 al 31-05-15	08/11/2017	E000175673
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	E000337523
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000234066
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-07-15 al 30-07-15	08/11/2017	E000281521
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	E000281521
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	E000337523



## E1150 - Scuola Media "A. Gramsci" e Scuola Elementare "Tommaseo"

Titolo		Data	Nome file
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	E000337523
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-10-15 al 30-10-15	08/11/2017	E000432864
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-10-15 al 31-10-15	08/11/2017	E000483583
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	E000483583
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150591
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	E000194174
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	E000334605
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-02-16 al 21-02-16	08/11/2017	E000334605
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-02-16 al 28-02-16	08/11/2017	E000150591
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-02-16 al 29-02-16	08/11/2017	E000194174
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000194174
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000334605
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	'011640011738
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-04-16 al 30-09-16	08/11/2017	'011640087941
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-05-16 al 31-05-16	08/11/2017	'011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	'011640048519
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060830
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074903
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640126636
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	011640100078
Bollette EE	POD:IT001E00096212 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	08/11/2017	11740001581
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150591
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	E000194174
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	E000334605
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-02-16 al 21-02-16	08/11/2017	E000334605
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-02-16 al 28-02-16	08/11/2017	E000150591
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-02-16 al 29-02-16	08/11/2017	E000194174
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000194174
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000334605
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	011640025272
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-04-16 al 30-09-16	08/11/2017	011640087932
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-05-16 al 31-05-16	08/11/2017	011640025272
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	011640049213
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060827
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074901
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640122875
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	011640108898
Bollette EE	POD:IT001E02164532 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	08/11/2017	11740001578

## ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Fotografie da sopralluogo	Fotografie da sopralluogo	06/2018	Allegato B_Lotto.6 – E1150_Foto da 1 a 15
Elaborati grafici	Identificazione contatori	06/2018	Allegato B_DE_Lotto.6-E1150_Contatori
Elaborati grafici	Schema a blocchi impianto elettrico	06/2018	Allegato B_DE_Lotto.6-E1150_SchemaElettrico
Estratto PUC	Estratto piano urbanistico comunale	06/2018	Allegato B_DE_Lotto.6-E1150_PUC



## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	06/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E1150

## 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 – E1150

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	06/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E1150

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	06/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E1150

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E1150

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	06/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E1150

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	06/2018	GG_Lotto6-E1150



## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	06/2018	Lotto.6-E1150_Schede-Audit



## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	06/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E1150



## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	06/2018	Lotto.6-E1150_analisi-PEF



## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E1150



## **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.]*

