

**SCUOLA MEDIA "CANTORE"  
E 724  
CORSO ALES DE STEFANIS 56**

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



Aprile 2018

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



**SCUOLA MEDIA "CANTORE"**

**E 724**

**CORSO ALES DE STEFANIS 56**

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA**

**FONDO KYOTO - SCUOLA 3**

**Aprile 2018**

**COMUNE DI GENOVA**

**STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER**

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 0105573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

eFM SpA

Via Laurentina, 455 - 00142 Roma

Tel 06 5400064– [efm@efmnet.com](mailto:efm@efmnet.com)

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	22/03/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Ing. Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		
01	02/08/18	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Ing. Stefano Mazzetti	Revisione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		

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

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

## INDICE

## PAGINA

<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMessa .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	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>8</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	8
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO .....	9
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
<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 trasparente</i> .....	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	16
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	17
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	18
<b>4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA</b> .....	<b>19</b>
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	19
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	19
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	20
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	20
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	21
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>22</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	22
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	22
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	23
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	26
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>30</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	30
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	31
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	32
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	32
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	34
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>36</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	36
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	36
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	36
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	39
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	39

7.4	BASILINE DEI COSTI.....	40
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>42</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	42
8.1.1	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	42
8.1.2	<i>Involucro trasparente .....</i>	45
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico .....</i>	47
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>49</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	49
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	53
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO .....	60
9.3.1	<i>Scenario 2 .....</i>	68
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>74</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	74
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	74
	<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>	<b>1</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>2</b>
	<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>	<b>2</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano non è possibile effettuarla in quanto la P.A. ha stipulato un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei consumi di fatturazione del vettore energetico in quanto le fatture non sono a disposizione della PA.

Mentre l'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nello stesso triennio di riferimento. Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio.

Dalla modellazione si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento 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.

Anche per la componente elettrica si è potuto notare nei diagrammi come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti.

### Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1969
Anno di ristrutturazione		N.D.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	3.585
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	5.338
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	12.880
Rapporto S/V	[1/m]	0.41
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	4972
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	4129
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3766
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a combustione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	600
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	n.d.
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	90.24
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>tr</sub> /anno]	392.606
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	28.660

Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	23.405
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.243

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetiche proposte:

- EEM 1: Sostituzione generatore di calore con uno ad alta efficienza
- EEM 2: Installazione valvole termoregolatrici
- EEM 3: Sostituzione elementi involucro trasparente (infissi)
- EEM 4: Sostituzione lampade tradizionali con tecnologia a led

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

CON INCENTIVI												
	%ΔE	%ΔCO <sub>2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	9%	€ 8,23	€ 2,37	€ 0,99	€ 39.243,05	18,6	21,1	15	-€ 11.664,69	-3,15%	- 0,30
EEM 2	0%	10%	€ 4,78	€ 2,37	€ 0,99	€ 4.160,04	2,0	2,2	15	€ 19.655,62	46,17%	4,72
EEM 3	76%	28%	€ 4.452,33	€ 2,37	€ 0,99	€ 336.418,28	25,9	33,5	30	-€ 36.462,05	0,76%	- 0,11
EEM 4	47%	9%	€ 2.754,05	€ 0,37	€ 0,99	€ 3.048,14	1,1	1,1	8	€ 13.861,35	84,50%	4,55
Scn1	0,1%	13,3%	€ 21.023,00	€ 7.258,00	€ 1.422,00	€ 379.820,00	110,4	216,9	15	-€ 238.372	-	- 62,7
Scn2	43,0%	21,3%	€ 18.514,00	€ 7.182,00	€ 1.381,00	€ 402.140,00	118,0	278,8	25	-€ 228.214	-	- 56,7

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

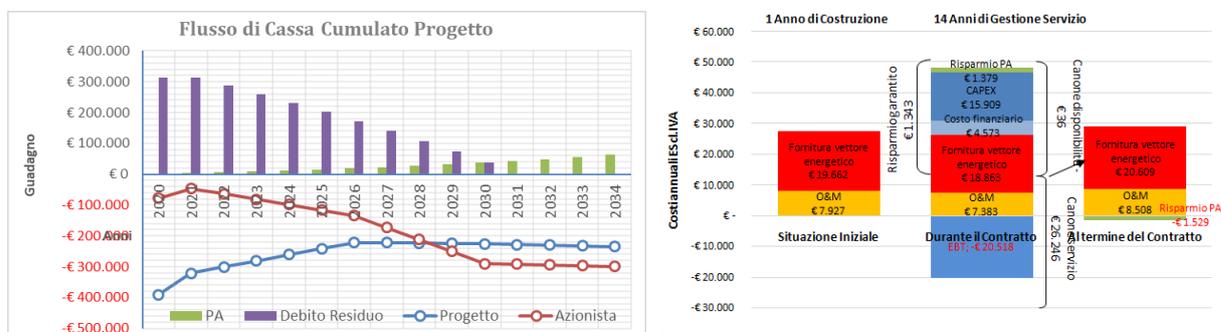
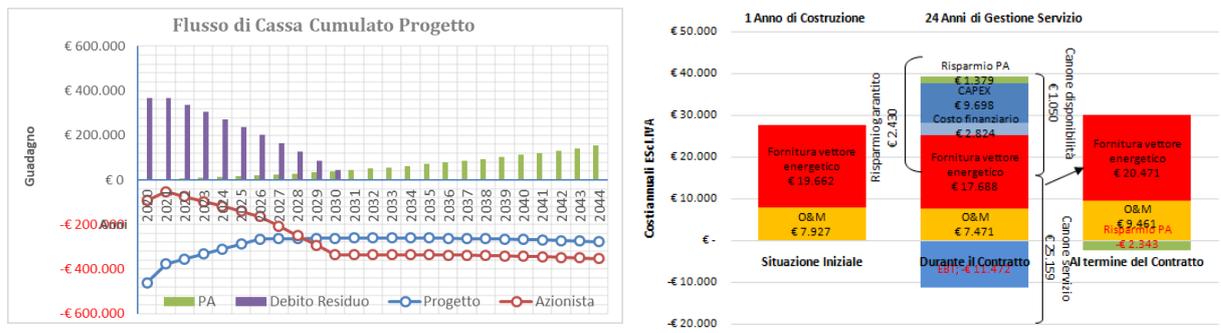


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a sud



### 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 eFMSPa, il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti, 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

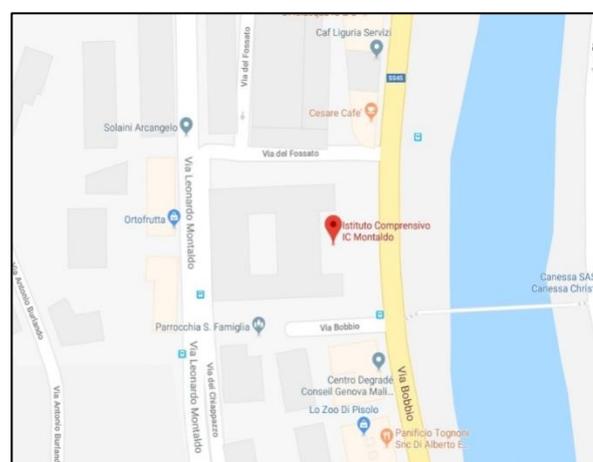
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Luca Grossi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Luca Bonanni	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

#### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sez. GED foglio 33 mappale 1121 del Comune di Genova.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1969
Anno di ristrutturazione		N.D.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	3.585
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	5.338
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	12.880
Rapporto S/V	[1/m]	0.41
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	4972
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	4129
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3766
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a combustione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	600
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	n.d.

Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	90.24
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>ni</sub> /anno]	392.606
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	28.660
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>ei</sub> /anno]	23.405
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.243
Anno di costruzione edificio		1969

Nota (1): Valori di Baseline

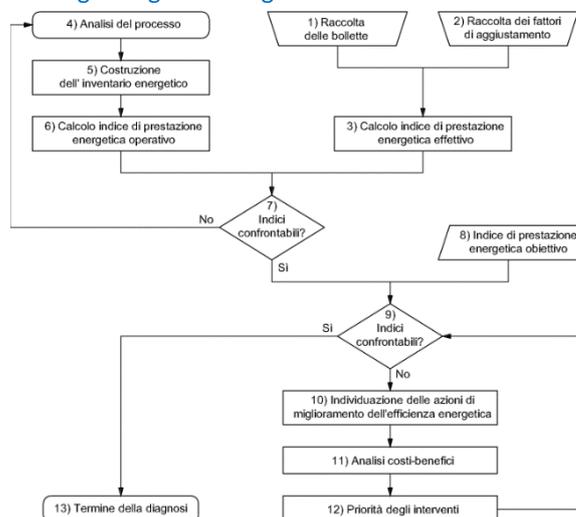
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 21/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, e rilevamento dei dati utili durante i sopralluoghi svolti in maniera autonoma dalle risorse tecniche della società aggiudicatrice;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J- Schede Audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Namirial Termo ver. 4.3 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.66 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 2015-2016, ove disponibili;
- 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 meteorologica "Quezzi" 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, ove disponibili;
- 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.
- 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.

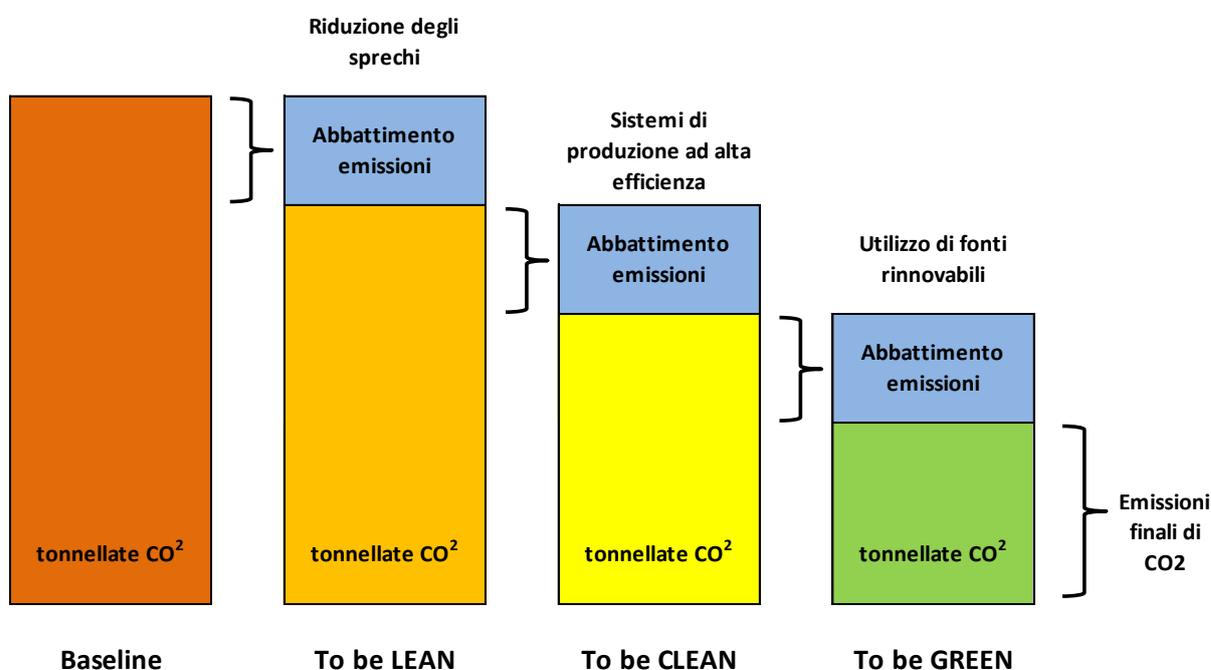
Figura 1.3–Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



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;

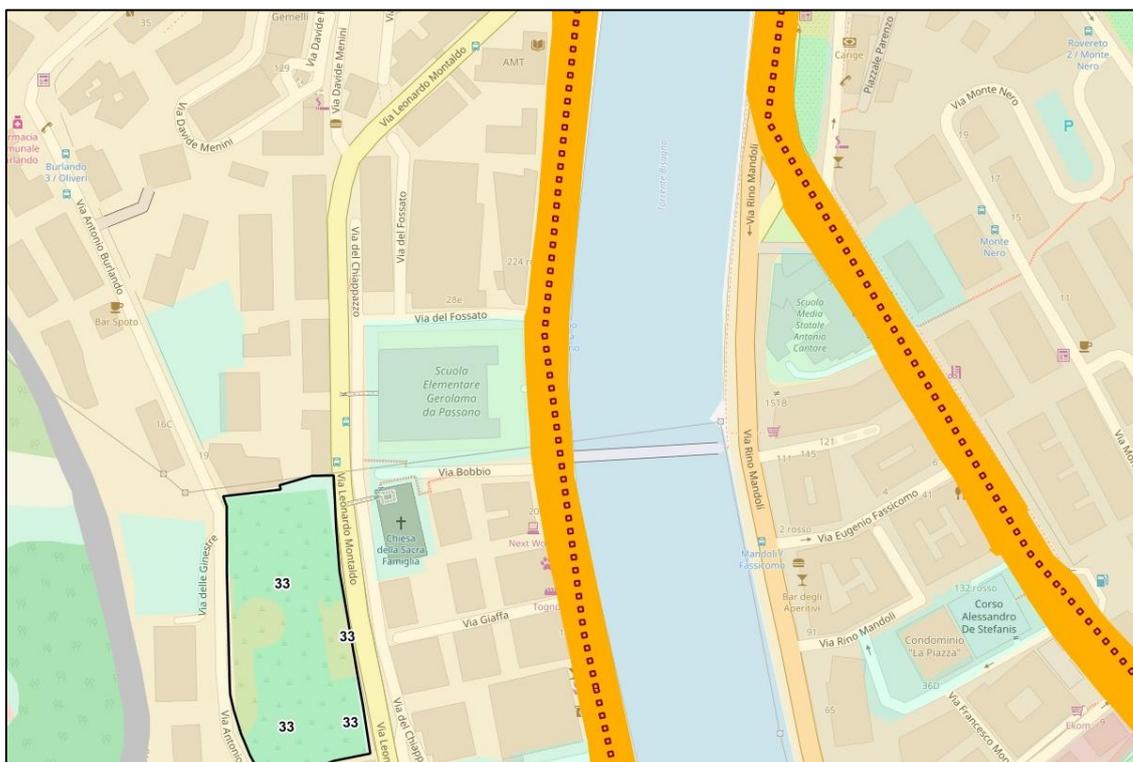
- Una quinta parte in cui sono descritte le caratteristiche tecniche ed i costi delle EEM proposte e gli scenari ottimali, individuabili tramite la valutazione dei risultati dell'analisi economico-finanziaria.
- Una parte conclusiva contenente i risultati dell'analisi ed i suggerimenti dell'Auditor per 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 "ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale".

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



- |  |   |  |
|--|---|--|
| <p><b>PUC - ATTUAZIONE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PUC - SALVAGUARDIA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 2px solid black; margin-right: 5px;"></span> Black Outline</li> </ul> <p><b>Ass. Urbanistico - CENTRO STORICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CENTRO STORICO URBANO</li> </ul> <p><b>Ass. Urbanistico - DISTRETTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Distretto di trasformazione</li> </ul> <p><b>Ass. Urbanistico - AMBITI SPECIALI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PARCO DI INTERESSE NATURALISTICO E PAESAGGISTICO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> UNITA INSEDIATIVA DI IDENTITA PAESAGGISTICA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> MACROAREA PAESAGGISTICA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AMBITO CON DISCIPLINA URBANISTICA SPECIALE</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Fascia Protezione A - RIR</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Fascia Protezione B - RIR</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Aree di osservazione RIR - Variante PTC della Provincia D.C.P. 39/2008</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AREE DI ESPROPRIO-CANTIERE RELATIVE A OPERE INFRASTRUTTURALI</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CORRIDOI INFRASTRUTTURALI</li> </ul> | <p><b>Ass. Urbanistico - ELEMENTI LINEARI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Assi di relazione città-porto da concertare con intesa l.84/94</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Assi di relazione città - porto di previsione</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Trasporto pubblico in sede propria di previsione</li> </ul> <p><b>Ass. Urbanistico - INFRASTRUTTURE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> SIS-1 autostrada esistente</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> SIS-1 ferrovia esistente</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> SIS-1 Viabilità principale esistente</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> SIS-1 Viabilità principale previsione</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> SIS-1 Viabilità previsione</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Nodi Infrastrutturali di Progetto</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> SIS-1 autostrada di previsione</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> SIS-1 ferrovia di previsione</li> </ul> <p><b>Ass. Urbanistico - AMB. SPEC. PORTUALE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AMBITO PORTUALE</li> </ul> | <p><b>Ass. Urbanistico - AMBITI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AC-NI - ambito di conservazione del territorio non insediato</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AC-VP - ambito di conservazione del territorio di valore paesag. e panoramico</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AR-PA - ambito di riqualificazione delle aree di produzione agricola</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AR-PR-A - (a) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AR-PR-B - (b) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AC-CS - ambito di conservazione del centro storico urbano</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AC-VU - ambito di conservazione del verde urbano strutturato</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AC-US - ambito di conservazione dell'impianto urbano storico</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AC-AR - ambito di conservazione Antica Romana</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AC-IU - ambito di conservazione dell'impianto urbanistico</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AR-UR - ambito di riqualificazione urbanistica - residenziale</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AR-PU - ambito di riqualificazione urbanistica produttivo-urbano</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AR-PI - ambito di riqualificazione urbanistica produttivo-industriale</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AC-O-L - ambito complesso per la valorizzazione del litorale</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> SIS-S servizi pubblici</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> SIS-S Servizi dimateriali</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> SIS-S Valore storico paesaggistico dei Servizi Pubblici</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> rete idrografica</li> </ul> |
|--|---|--|

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

L'edificio risale all'incirca al 1969, pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

Ai fini dell'esecuzione degli interventi di efficientamento energetico non sarà comunque necessario apportare varianti agli strumenti urbanistici né provvedere ad espropri o a variazioni di proprietà.

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica degli edifici scolastici in genere 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 degli studenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, ed uno interrato adibito a locali tecnici non riscaldati.

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

Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in **ALLEGATO B – ELABORATI**.

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Ingresso, Cucina, Aule, servizi igienici	[m <sup>2</sup> ]	1624	1488	n.d
Primo	Altre aule, servizi igienici	[m <sup>2</sup> ]	1157	1021	n.d
Secondo	Altre aule, servizi igienici	[m <sup>2</sup> ]	886	750	n.d
Terzo	Altre aule, magazzino, locale tecnico	[m <sup>2</sup> ]	462	326	n.d
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>4129</b>	<b>3585</b>	<b>n.d.</b>

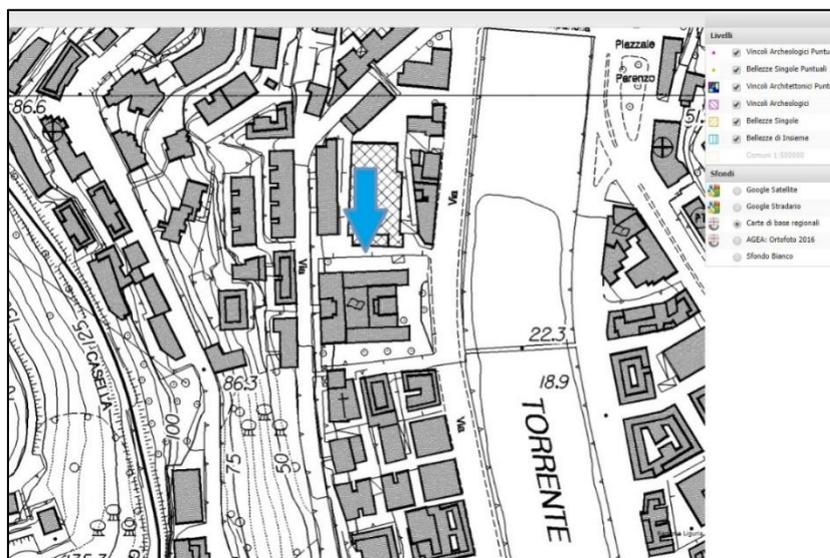
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

Il complesso scolastico sorge in prossimità del Torrente Bisagno, ove non risultano esserci vincoli architettonici, paesaggistici e urbanistici dalle verifiche effettuate attraverso i siti di riferimento indicati dall'Amministrazione (<http://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>)

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



## 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.

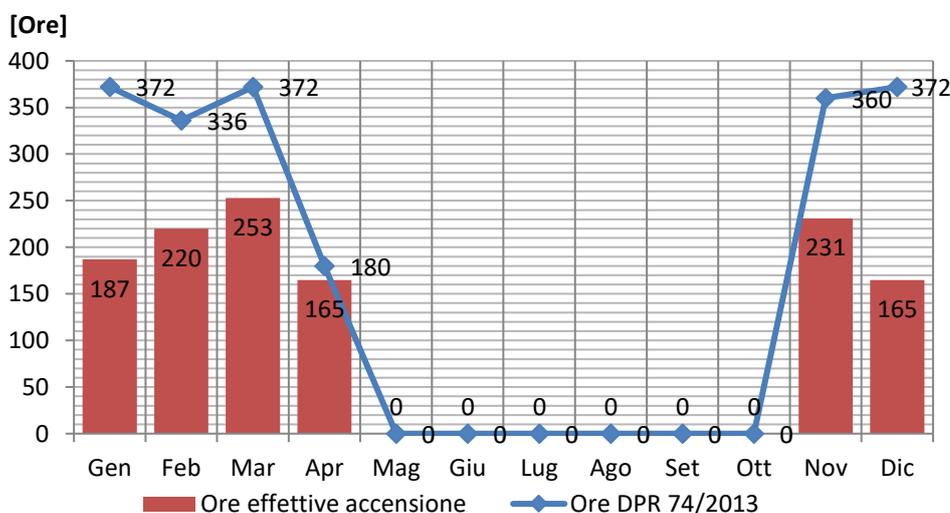
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste al personale, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati dedotti da interviste al personale e dagli orologi presenti in centrale termica.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15Aprile	Lunedì – sabato	7.50 – 18.00	6.30 – 17.00

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale

all'interno della struttura. Le lezioni hanno inizio alle 8:00 e terminano per le 14:00, nelle ore pomeridiane la Scuola resta aperta fino alle 18:00 per corsi pomeridiani per cui l'impianto rimane acceso a servizio dell'intero edificio, nonostante solamente alcune aule siano utilizzate in questa fascia oraria, principalmente dai docenti per riunioni o consigli disciplinari.

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 termica, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l'assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi. Ove presenti, all'interno del contratto di Servizio Energia sono stati inseriti la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di climatizzazione estiva.

### 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 1421 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 11 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 843 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GGrif

	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016	GIORNI RISCALDAMENTO	GG	GIORNI DI UTILIZZO	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Mese		[°C]	[g/m]		[g/m]	[g/m]		
Gennaio	31	10,4	31	298	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	22%
Aprile	30	15,3	15	71	19	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>205</b>	<b>111</b>	<b>921</b>	<b>100%</b>

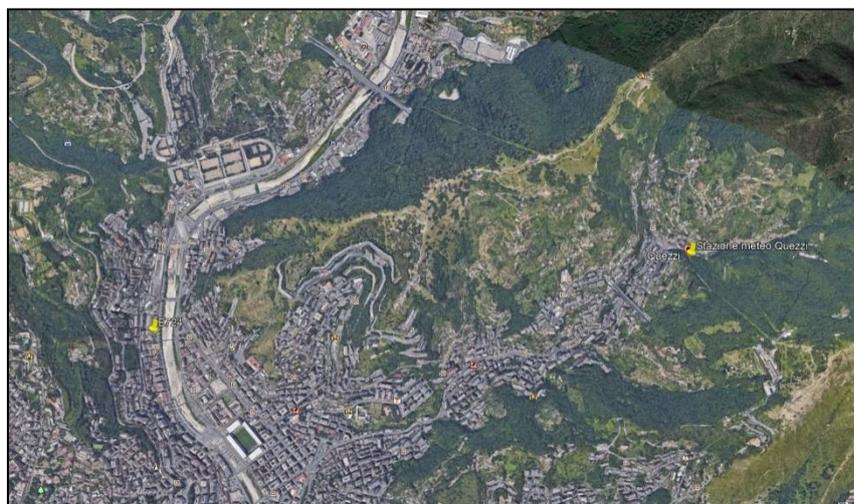
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova - Quezzi.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE (circa 1,8 km in linea d'aria) e fornita di dati climatici completi (temperatura media dell'aria e umidità relativa).

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

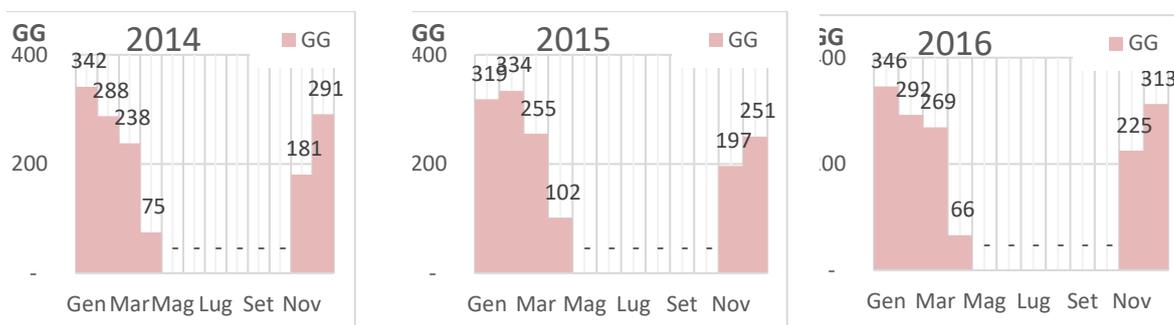


### 3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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 GGreali per il triennio di riferimento

Figura 3.3 - Andamento mensile dei GG reali per il triennio di riferimento

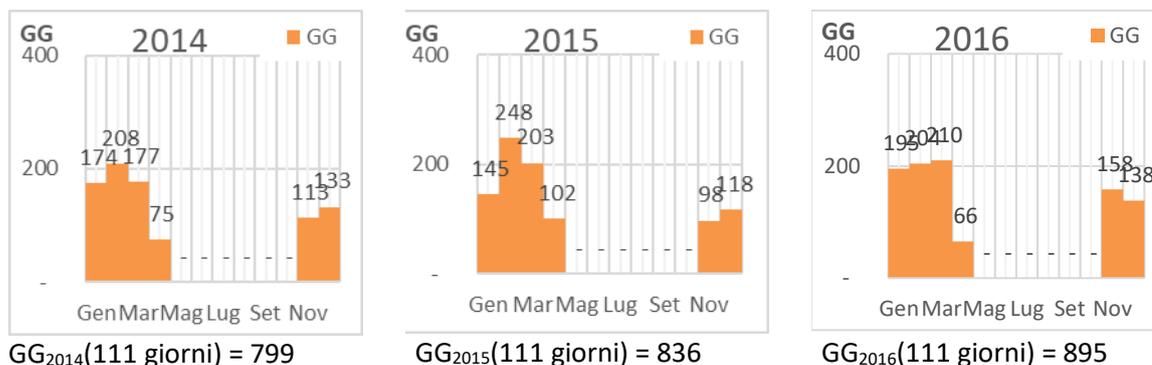


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921GGcalcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Figura 3.4 - Andamento mensile dei GGreali, valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per il triennio di riferimento



## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è costituito da una struttura in C.A. e muratura in laterizio forato con spessore di cm 40. I solai sono realizzati con le tecniche dell'epoca e dunque caratterizzato da murature in laterizi a faccia vista, pareti interne in laterizi forati e solai con travetti e pignatte.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro opaco



Questa soluzione realizzativa incide profondamente sulle dispersioni termiche dell'edificio e non assicura un buon comportamento ai fini dell'isolamento termico.

Figura 4.2 - Particolare della facciata est



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

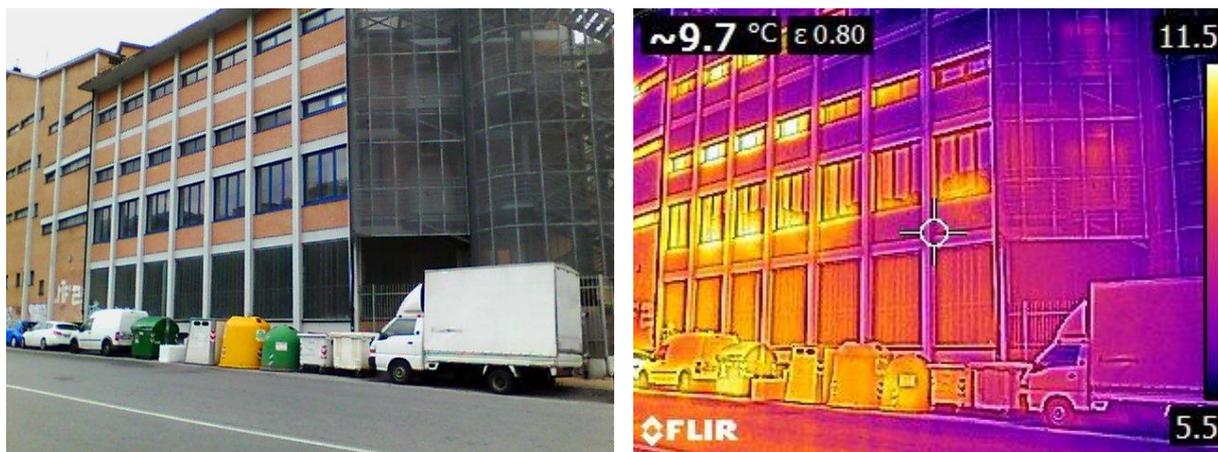
- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termocamera secondo le seguenti modalità: individuazione delle zone caratterizzate da una maggiore differenza di temperatura tra esterno ed interno (pareti esposte a nord), ed individuazione delle dispersioni termiche.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'involucro risulta scarsamente performante dal punto di vista dell'isolamento termico, sono presenti ponti termici tra solai e pareti esterne.

Le analisi termografiche effettuate hanno permesso di rilevare in maniera efficace le dispersioni termiche associate all'involucro edilizio. Le indagini sono state eseguite nel periodo invernale e durante le ore diurne in accordo con la norma UNI 13187. La differente tonalità cromatica delle immagini è legata molto spesso alla diversa emissività dei corpi analizzati, in particolare nel caso delle componenti vetrate.

Figura 4.3 – Rilievo termografico delle pareti



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

Non è stata svolta nessun'altra prova diagnostica strumentale.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	COP1	30	Assente	1,50	Buono
Parete verticale	M1	45	Assente	0.70	Buono
Solaio interno	SOL1	30	Assente	1,56	Buono

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.

#### 4.1.1 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto principalmente da serramenti in metallo con telaio in alluminio e vetri singoli. Lo stato di conservazione degli stessi è sufficiente.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti

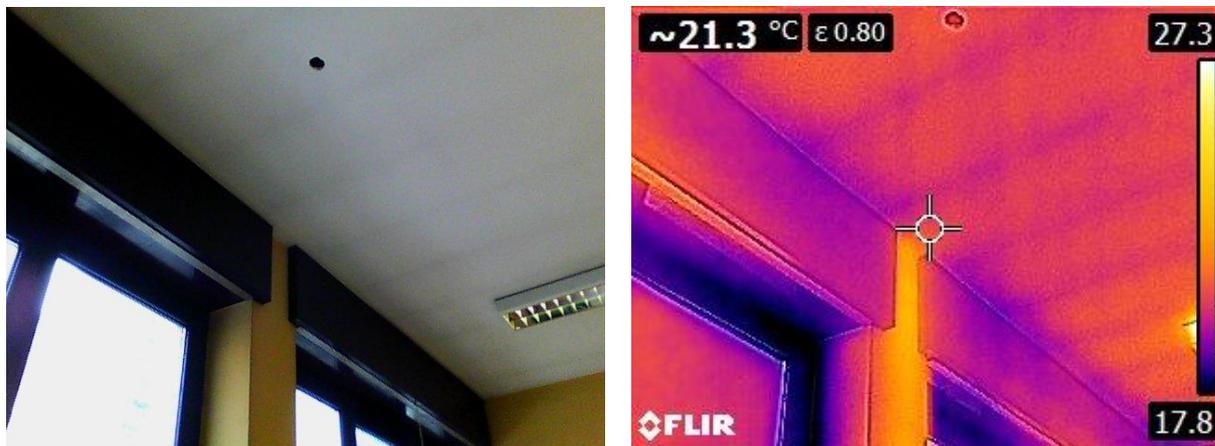


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico

- Misura tramite spessivetro dello spessore dei vetri e delle camere d'aria.
- La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:
- Il comportamento dell'infisso ai fini dello scambio termico è discreto, più critico è l'isolamento tra infisso e parete.

Figura 4.5 – Rilievo termografico 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		TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[L] [cm]	[H] [cm]				
[Serramento verticale]		2.40	2.00	metallo	doppio	3.25	buono
		2.40	1.60	metallo	doppio	3.22	buono
		2.70	1.60	metallo	doppio	3.23	buono
		1.00	1.60	metallo	doppio	3.19	buono
		0.50	1.60	metallo	doppio	3.22	buono
		1.60	1.60	metallo	doppio	3.20	buono
		4.10	2.60	metallo	doppio	3.20	buono
		1.10	0.60	metallo	doppio	3.20	buono
		1.60	0.50	metallo	doppio	3.20	buono
		3.25	0.50	metallo	doppio	3.20	buono
		2.70	0.50	metallo	doppio	3.20	buono
		3.25	0.50	metallo	doppio	3.20	buono
		0.60	0.05	metallo	doppio	3.20	buono

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 Audit.

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una centrale termica, a servizio del plesso scolastico, posto al piano primo sottostrada in un locale all'interno del plesso.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalla seguente tipologia di terminali:

- Radiatori in ghisa;

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori installati a parete



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 "Cantore"	Radiatori	92%

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	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Parete	21	0,68 – 4,59	36,17	-	-
Primo	Parete	28	0,58 – 4,17	38,23	-	-
Secondo	Parete	29	0,41 – 3,52	44,03	-	-
Terzo	Parete	20	0,56 - 3,08	35,50	-	-
<b>TOTALE</b>		<b>98</b>		<b>153,93</b>		

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto a servizio della "Cantore" avviene mediante il sistema di regolazione con impostazione della curva climatica indipendente. Non sono presenti altri sistemi di regolazione e controllo.

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di mandata dalla centrale termica all'intero edificio.

1) **Circuito primario n.1:** sono presenti in centrale termica n.1 pompa di circolazione gemellare in parallelo a servire del plesso.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompa circuito primario

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Seminterrato	Radiatore e a parete	21	1.72	36.12
Terra	Radiatore e a parete	28	1.36	38.08
Primo	Radiatore e a parete	29	1.51	43.79
Secondo	Radiatore e a parete	20	1.77	35.40

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(8)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Pompa gemellare 1	Mandata	Caldo	nd	70
	Ritorno	Caldo	nd	55

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati il giorno 22/02/2017 alle ore 14.00, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 14°C

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica con una caldaia a basamento "RIELLO DOMUS PX 32 IS MD" a servizio della scuola (solo riscaldamento).

Figura 4.7 - Particolare di caldaia



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen Riscaldamento	I.VAR.	SUPERAC 465	2007	630.	511 kW	93%	-

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 92%.

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 Audit.

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

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

La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale e degli alunni dell'istituto scolastico.

Figura 4.8 - Particolare del boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria]



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	85.7	n.d	nd	75%	

Le caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 6.5 dell'Allegato J- Schede Audit.

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

L'impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva è assente.

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

La ventilazione meccanica è assente

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

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali macchine per cucire, ferri da stiro, ed altri dispositivi in uso del personale e degli studenti e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM).

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona termica unica	PC f	4	30	30	560
Zona termica unica	frigo	1	480	480	49728
Zona termica unica	stampante distributore	2	35	70	60

L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' **Error! Reference source not found.**

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti al neon di diverse tipologie e taglie.

La principale tipologia di corpi illuminanti è quella di lampade a neon installate a soffitto o a parete

Figura 4.9 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'ingresso nel corridoio



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 4.10 - Particolare dei corpi illuminanti corridoio/vano scala

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona 1	Neon	500	20	10000

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

Non è presente alcun impianto di produzione di energia.

## 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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano non è possibile effettuarla in quanto la P.A. ha stipulato un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei consumi di fatturazione del vettore energetico in quanto le fatture non sono a disposizione della PA.

L'edificio è dotata di una centrale termica per il riscaldamento.

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti

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

Il consumo del gas considerato è quello fornito dalla PA, contenuto nel file "KyotoBaseline.xls".

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 GGreali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3, definendo il fattore di normalizzazione  $\bar{a}_{rif}$  come di seguito riportato:

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.2 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

Anno	Ggreali su 111 giorni reali di occupazione	GG <sub>rif</sub>	Consumo Reale [Smc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Nmc]	Fattore di conversione [Smc/Nmc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Smc]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione $\alpha_{rif}$	Consumo normalizzato a 921 GG [kWh]
2014	880	921	23.276	9,94	1,0549	9,42	219.323	249,3	229.689
2015	914	921	24.685	9,94	1,0549	9,42	232.599	254,6	234.556
2016	971	921	26.211	9,94	1,0549	9,42	246.978	254,3	234.310
<b>Media</b>	<b>922</b>	<b>921</b>	<b>24.724</b>				<b>232.967</b>	<b>252,8</b>	<b>232.921</b>

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.3:

Tabella 5.3 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [Kwh]
$\bar{Q}_{ACS}$	
$\bar{Q}_{ALTRO}$	
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	232.921
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>232.921</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatori i quali risultato a servizio dei dell'edificio.

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.4 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.4 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00097236	E724	21.824	23.335	25.057	23.405
<b>TOTALE</b>					<b>23.405</b>

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

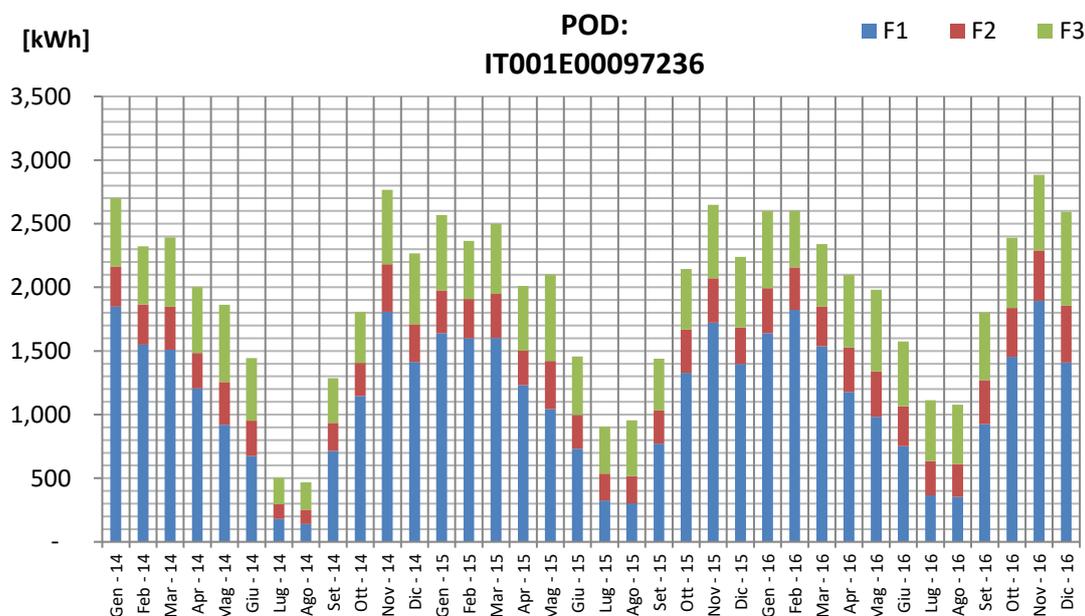
Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 23.405

Tabella 5.5 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097236	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.849	315	537	2.701
Feb - 14	1.549	316	457	2.322
Mar - 14	1.509	340	544	2.393
Apr - 14	1.205	279	520	2.004
Mag - 14	921	335	607	1.863
Giu - 14	674	278	492	1.444
Lug - 14	179	117	207	503
Ago - 14	140	112	217	469
Set - 14	715	220	350	1.285
Ott - 14	1.145	261	401	1.807
Nov - 14	1.807	374	586	2.767
Dic - 14	1.413	296	557	2.266
Totale	13.106	3.243	5.475	21.824
POD: IT001E00097236	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.639	336	594	2.569
Feb - 15	1.600	307	458	2.365
Mar - 15	1.601	348	552	2.501
Apr - 15	1.231	271	508	2.010
Mag - 15	1.042	379	680	2.101
Giu - 15	732	265	460	1.457
Lug - 15	326	211	369	906
Ago - 15	302	213	441	956
Set - 15	773	260	405	1.438
Ott - 15	1.329	339	475	2.143
Nov - 15	1.722	349	578	2.649
Dic - 15	1.399	287	554	2.240
Totale	13.696	3.565	6.074	23.335
POD: IT001E00097236	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]

Gen - 16	1.640	354	603	2.597
Feb - 16	1.823	333	446	2.602
Mar - 16	1.537	313	490	2.340
Apr - 16	1.178	348	573	2.099
Mag - 16	982	357	644	1.982
Giu - 16	751	315	508	1.574
Lug - 16	365	268	481	1.114
Ago - 16	353	259	465	1.077
Set - 16	925	345	534	1.804
Ott - 16	1.454	383	554	2.391
Nov - 16	1.892	398	594	2.884
Dic - 16	1.410	446	737	2.593
<b>Totale</b>	<b>14.310</b>	<b>4.119</b>	<b>6.629</b>	<b>25.057</b>

Figura 5.1–Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.6.

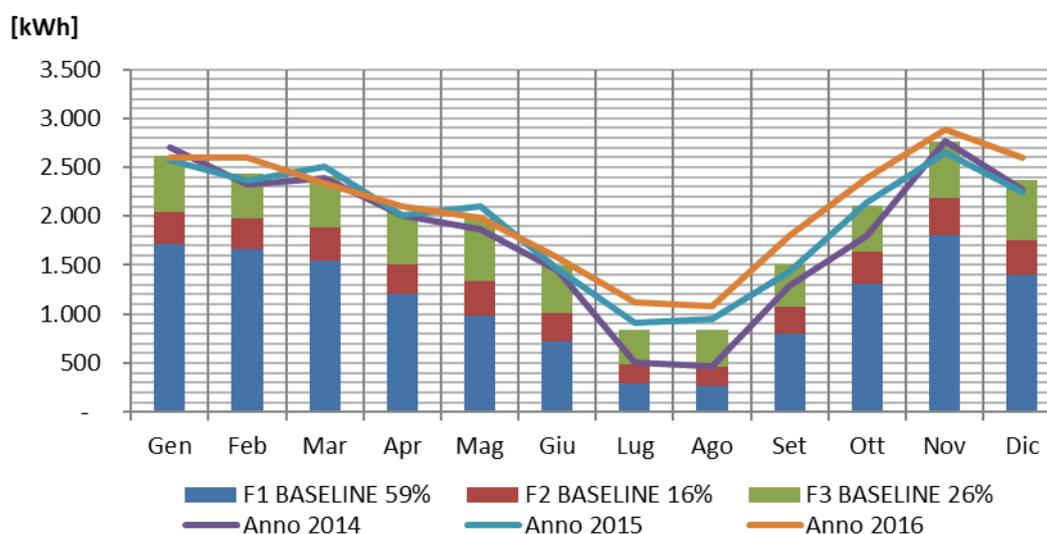
Tabella 5.6 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.709	335	578	2.622
Febbraio	1.657	319	454	2.430
Marzo	1.549	334	529	2.411
Aprile	1.205	299	534	2.038
Maggio	982	357	644	1.982
Giugno	719	286	487	1.492
Luglio	290	199	352	841

Agosto	265	195	374	834
Settembre	804	275	430	1.509
Ottobre	1.309	328	477	2.114
Novembre	1.807	374	586	2.767
Dicembre	1.407	343	616	2.366
Totale	13.704	3.642	6.059	23.405

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2–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 analoghi.

## 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 5.7.

Tabella 5.7 - 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

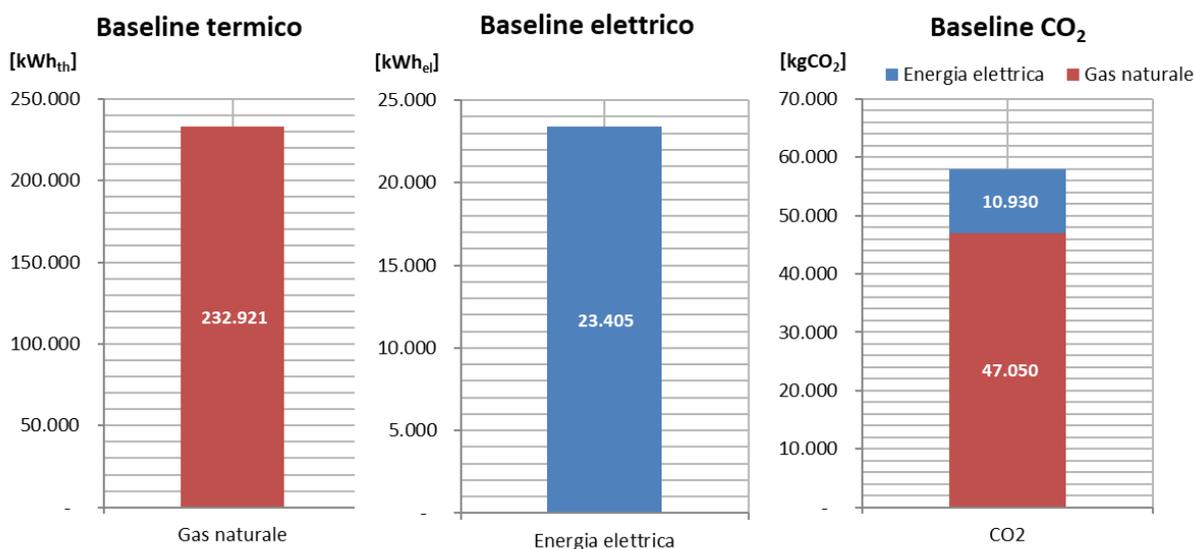
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.8 e nella Figura 5.3.

Tabella 5.8–Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	CONSUMO DI BASELINE [kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]
Gas naturale	232.921	0,202
Energia elettrica	23.405	0,467

Figura 5.3–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 5.9 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.10.

Tabella 5.10 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.586	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.973	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	12.881	m <sup>3</sup>

Nella

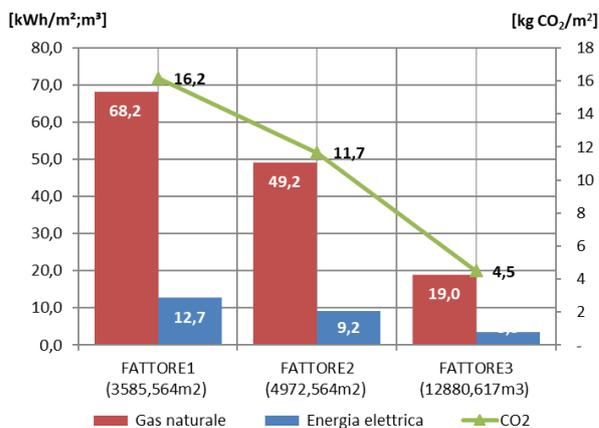
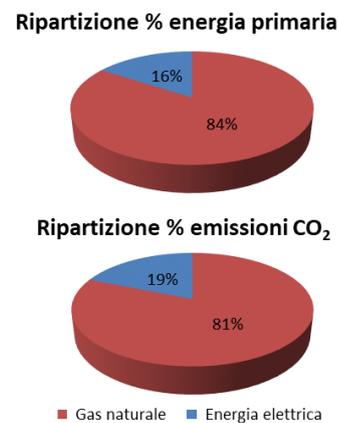
Tabella 5.11 e Tabella 5.12 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato M- Report di Benchmark.

Tabella 5.11 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	232.921	1,05	244.567	68,2	49,2	19,0	13,12	9,46	3,65
Energia elettrica	23.405	1,95	45.640	12,7	9,2	3,5	3,05	2,20	0,85
<b>TOTALE</b>			<b>290.207</b>	<b>81</b>	<b>58</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>5</b>

Tabella 5.12 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	232.921	1,05	244.567	68,2	49,2	19,0	13,12	21,87	3,65
Energia elettrica	23.405	2,42	56.641	15,8	11,4	4,4	3,05	1,07	0,85
<b>TOTALE</b>			<b>301.207</b>	<b>84</b>	<b>61</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>5</b>

Figura 5.4–Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.5–Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

- Superficie lorda ai piani dell'edificio  $A_p$ ;
- 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 5.13 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	11.7	12.4	13.2	[...]	[...]	[...]
Energia elettrica				3.9	4.22	4.5

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo una classe di merito sufficiente per l'energia termica e una classe di merito buono per l'energia elettrica.

## 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	160,2	149,5
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	106,4	106,2
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	0,3	0,2
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0,0	0
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0,0	0
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	53,5	43,1
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	30,6	30,6

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
	[m <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	24.077	226.803
Energia Elettrica	-	23.674

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<sub>teorico</sub> 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 a  $Q_{baseline}$  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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (\*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando i reali utilizzi e consumi dell'edificio.

Nella Tabella 6.4 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza".

Tabella 6.4–Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, nren}$	kWh/mq anno	95,2	91,3
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	59,1	58,8
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	0,3	0,2
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	35,8	32,3
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	30,6	30,6

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	24.726	232.921
Energia Elettrica	-	23.405

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]	[%]
226.803	232.921	3%

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
23.674	23.405	1%

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

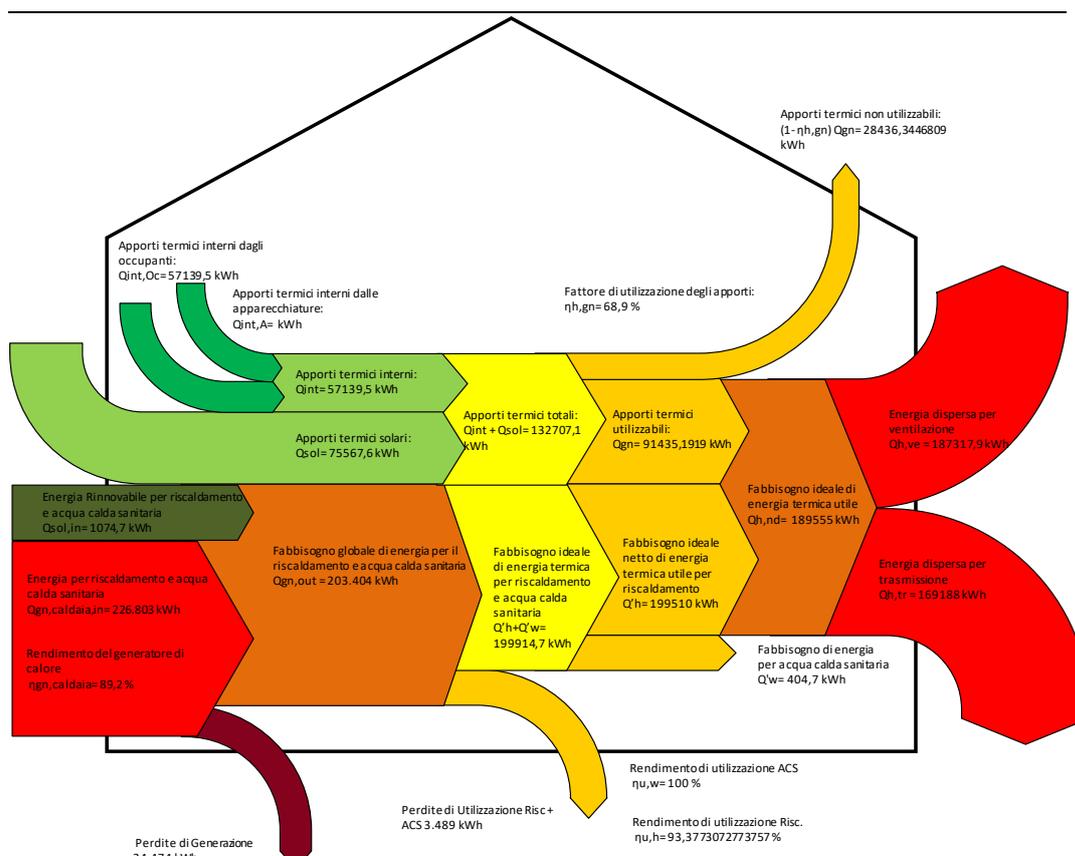
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

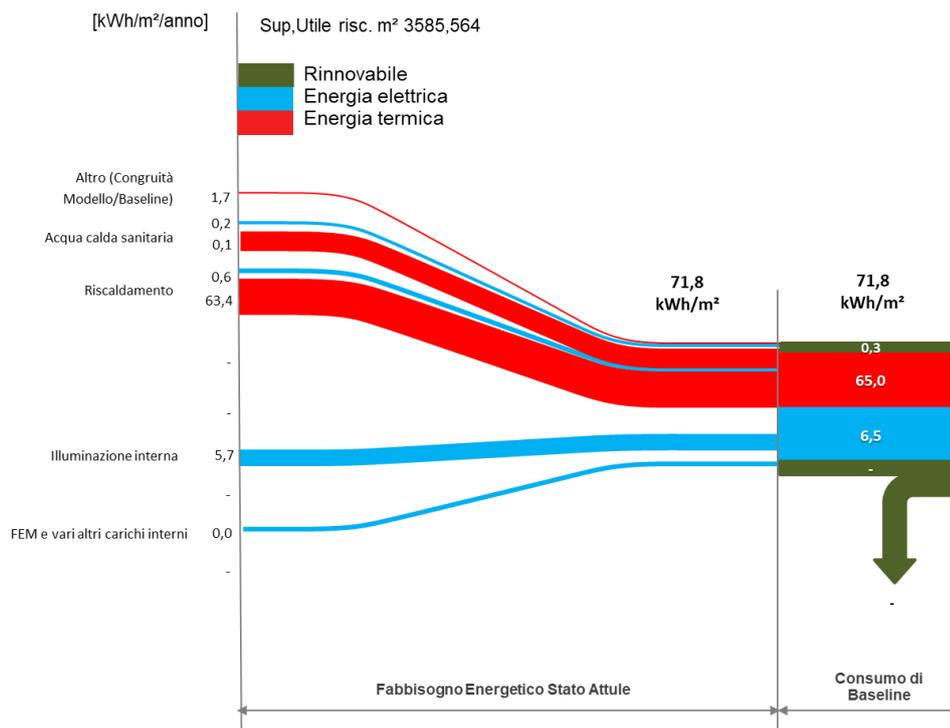
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

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



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

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

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

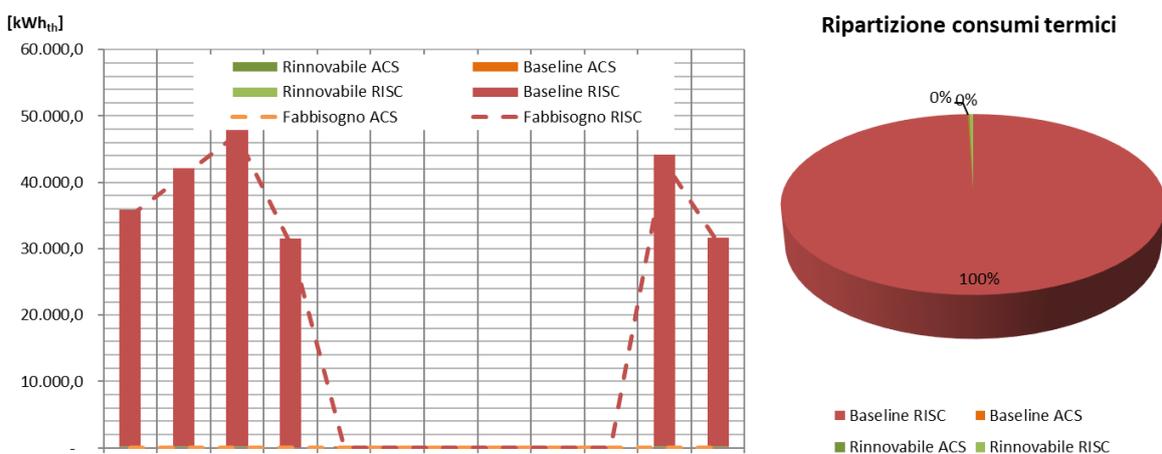
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo dell’impianto di riscaldamento

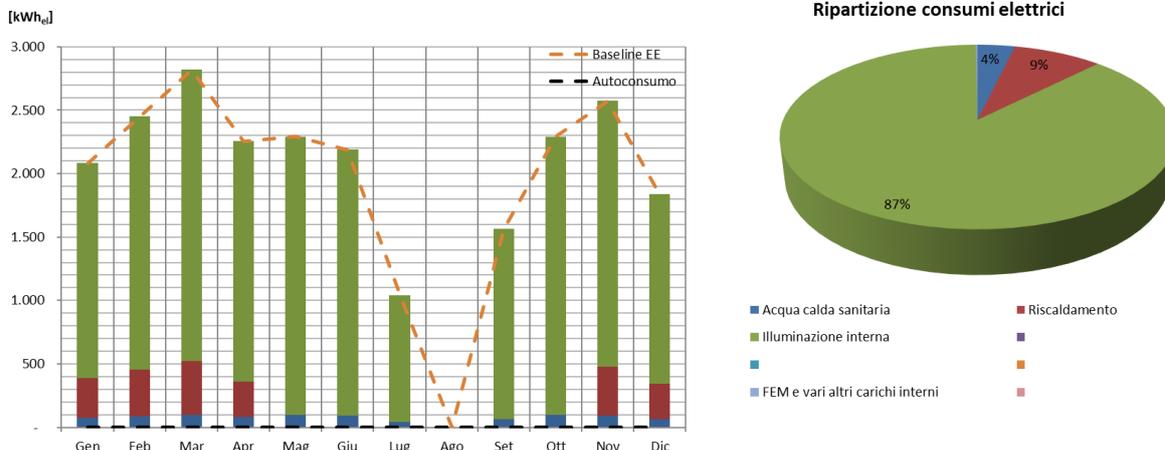
Anche relativamente all’analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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 all'illuminazione interna.

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

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

#### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite 1 contratto, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097236: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD:IT001E00012345	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	nd	Eni	Energetic
Inizio periodo fornitura	nd	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	01/04/2016	01/04/2017
Classe del contatore	nd	CLASSE CORRETTORE (G0004)	con correttore automatico
Tipologia di contratto	nd	Utenze con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	nd	oP1208	nd
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	1	1
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	nd	38,190 (superiore)	38,972(Sup)

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

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

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia.

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: IT001E00012 345	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	200,49	31,82	288,85	33,76	57,58	612,50	2.701	0,227
Feb – 14	172,27	30,05	260,30	29,03	50,96	542,61	2.322	0,234
Mar – 14	175,97	30,95	265,65	29,91	52,08	554,56	2.393	0,232
Apr – 14	146,05	35,14	240,97	25,05	46,24	493,45	2.004	0,246
Mag – 14	132,92	32,06	230,04	23,29	43,22	461,52	1.863	0,248
Giu – 14	102,50	24,85	197,50	18,05	35,36	378,26	1.444	0,262
Lug – 14	34,89				3,49	38,38	503	0,076
Ago – 14	32,02	7,51	123,87	5,86	17,27	186,53	469	0,398
Set – 14	93,14	20,51	185,99	16,06	32,53	348,24	1.285	0,271
Ott – 14	133,06	26,48	230,37	22,59	42,63	455,14	1.807	0,252
Nov – 14	Fattura non disponibile				0,00	0,00	2.767	-
Dic – 14	165,87	33,24	267,12	28,33	51,18	545,74	2.266	0,241
<b>Totale</b>	<b>1.389,19</b>	<b>272,61</b>	<b>2.290,66</b>	<b>231,93</b>	<b>432,53</b>	<b>4.616,92</b>	<b>21.824</b>	<b>0,21</b>
POD: IT001E00012 345	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Gen – 15	188,82	33,51	283,01	32,11	55,71	593,16	2.569	0,23
Feb – 15	175,67	31,24	267,37	29,56	52,21	556,05	2.365	0,24
Mar – 15	184,28	33,02	277,80	31,26	54,55	580,91	2.501	0,23
Apr – 15	85,38	24,96	201,47	25,13	34,58	371,53	2.010	0,18
Mag – 15	86,87	26,18	249,02	26,26	39,74	428,07	2.101	0,20
Giu – 15	57,75	18,11	199,26	18,21	29,94	323,27	1.457	0,22
Lug – 15	35,33	9,89	158,79	11,33	21,90	237,24	906	0,26
Ago – 15	36,83	10,46	162,72	11,95	22,58	244,53	956	0,26
Set – 15	49,01	15,72	152,32	17,98	24,01	259,04	1.438	0,18
Ott – 15	69,61	19,00	224,48	26,79	34,71	374,59	2.143	0,17
Nov – 15	86,60	23,41	269,12	33,11	42,12	454,37	2.649	0,17
Dic – 15	72,38	19,74	237,92	28,00	36,56	394,59	2.240	0,18
<b>Totale</b>	<b>1.128,54</b>	<b>265,24</b>	<b>2.683,28</b>	<b>291,69</b>	<b>448,60</b>	<b>4.817,35</b>	<b>23.335</b>	<b>0,21</b>
POD: IT001E00012 345	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					

ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	79,05	29,57	252,07	32,46	40,14	433,29	2.597	0,167
Feb - 16	70,62	30,30	249,95	32,53	39,07	422,48	2.602	0,162
Mar - 16	59,34	26,66	262,45	29,25	38,39	416,09	2.340	0,178
Apr - 16	68,07	34,48	89,20	26,24	22,51	240,49	2.099	0,115
Mag - 16	Fattura non disponibile-				-	-	1.982	-
Giu - 16	59,80	25,85	84,45	19,68	19,60	209,39	1.574	0,133
Lug - 16	48,21	24,15	80,27	13,93	17,16	183,72	1.114	0,165
Ago - 16	40,32	23,34	79,94	13,46	16,13	173,19	1.077	0,161
Set - 16	80,62	37,91	86,52	22,55	23,60	251,20	1.804	0,139
Ott - 16	136,39	36,94	92,92	29,89	31,03	327,18	2.391	0,137
Nov - 16	186,32	45,92	98,61	36,05	38,63	405,53	2.884	0,141
Dic - 16	156,22	40,70	95,05	32,41	34,06	358,45	2.593	0,138
<b>Totale</b>	<b>984,98</b>	<b>355,82</b>	<b>1.471,43</b>	<b>288,45</b>	<b>320,32</b>	<b>3.421,00</b>	<b>25.057</b>	<b>0,137</b>

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

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

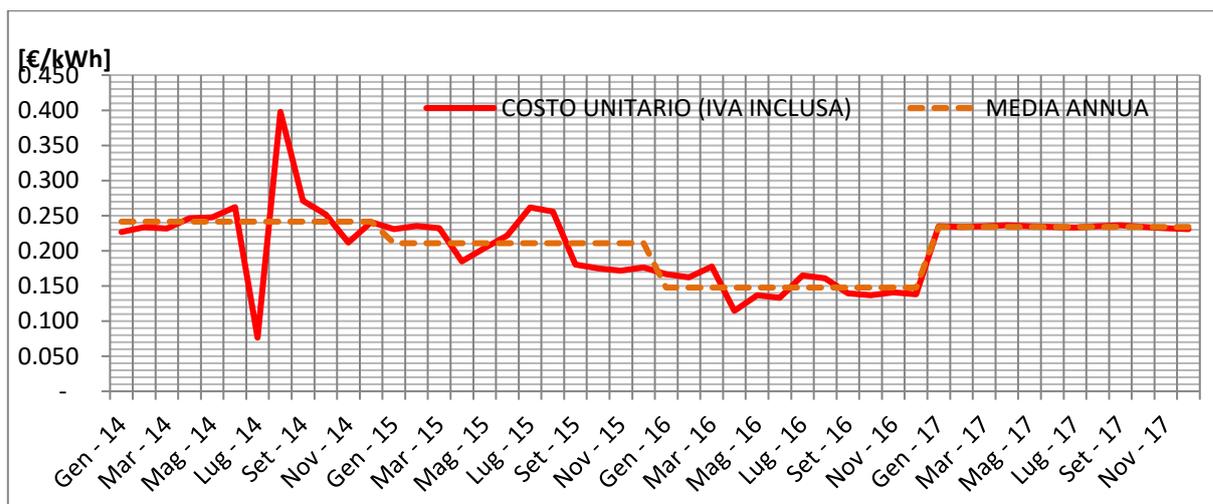
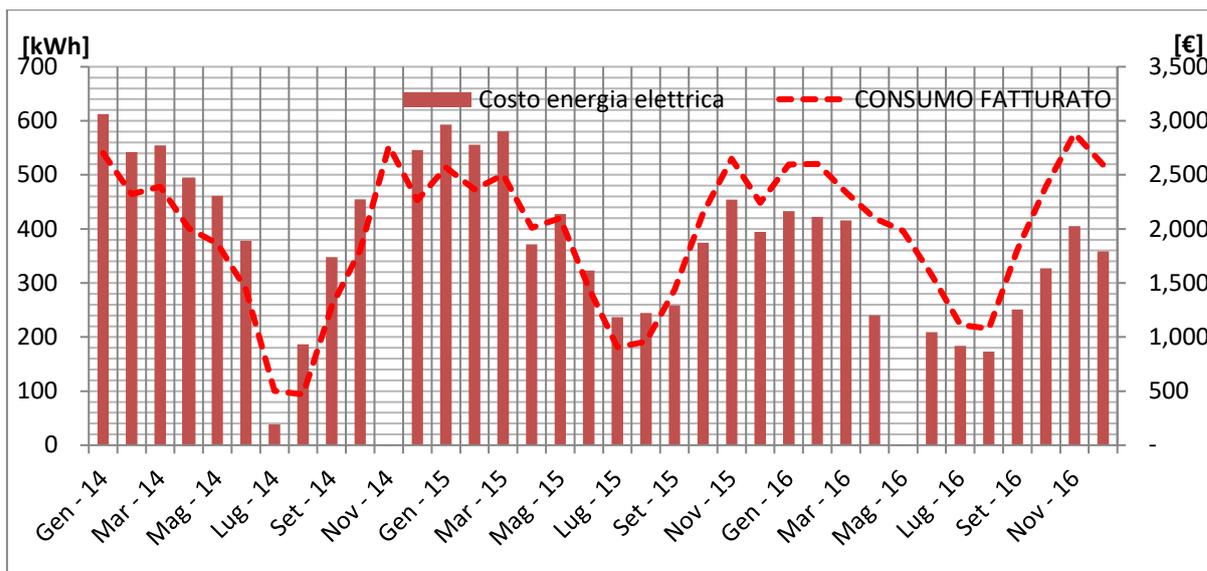


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è variabile nei mesi.

## 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		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	nd	nd	nd	21.824	4.616	0.21
2015	nd	nd	nd	23.335	4.817	0.21
2016	nd	nd	nd	25.057	3.421	0.137
Media	232.921* (baseline da PA)	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]

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>	0.250 [€/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 042-042-: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 22.795,46€.

[Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione  $C_M$  è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione ( $C_{SIE3}$ ) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E724. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria ( $C_{MO}$ ) e in una quota straordinaria ( $C_{MS}$ ) come segue:

$$C_{MS} = 0.1 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.9 \times C_M]$$

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$C_{MO}$ 7.640	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{MS}$ 2.031	[€/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:

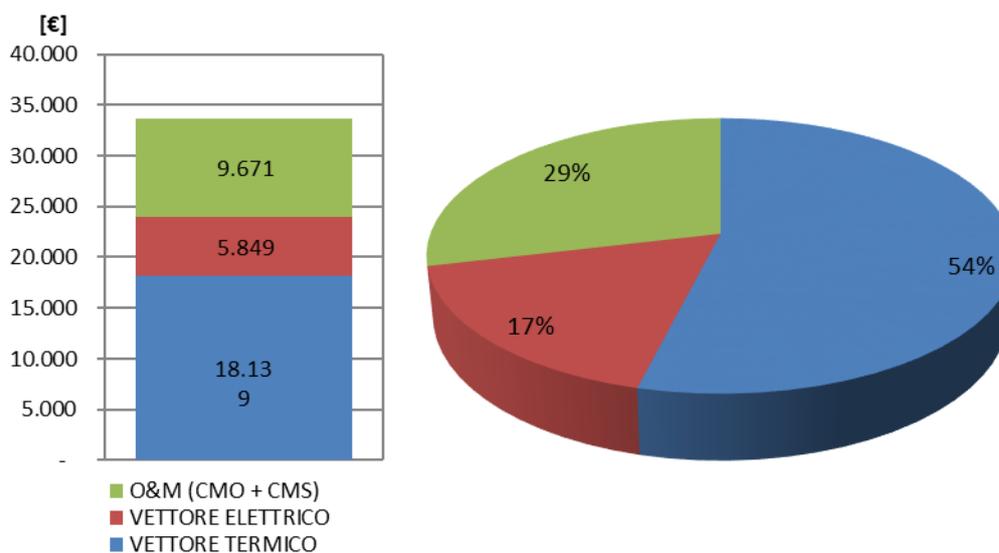
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a € 23.988 e un  $C_{baseline}$  pari a € 33.659

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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
232.921	0,078	18.139	23.405	0,250	5.849	9.671	7.640	2.031	33.659

Figura 7.3 – 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 Impianto riscaldamento

EEM1: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Figura 7.4 – Particolare della caldaia attuale

#### Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore attualmente installato con un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza al fine di migliorare il rendimento di generazione.

L'installazione di un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza consente di aumentare il rendimento di generazione, inteso come rapporto tra l'energia termica fornita al sistema di distribuzione e l'energia termica in ingresso al generatore.



#### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede la sostituzione del generatore a combustione attuale con uno a più alta efficienza di tipo a condensazione. In particolare l'intervento consiste nell'installazione di un nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore di centrale.

Il generatore è completo di rampa a gas, organi di sicurezza e controllo, circolatore elettronico circuito primario, separatore idraulico, interfaccia sistema di controllo centrale.

Si prevede inoltre la sostituzione del bruciatore esistente con altro bruciatore di tipo modulante, con regolazione climatica direttamente su di esso.

Nei costi di intervento sono state considerate tutte le opere accessorie (smaltimento della centrale presente, rifacimento impianto elettrico di centrale, addolcitore, nuovo sistema di regolazione, nuovo sistema di distribuzione del fluido vettore, ecc.)

#### Descrizione dei lavori

L'installazione deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

#### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella [Tabella 7.7](#).

Tabella 7.8 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

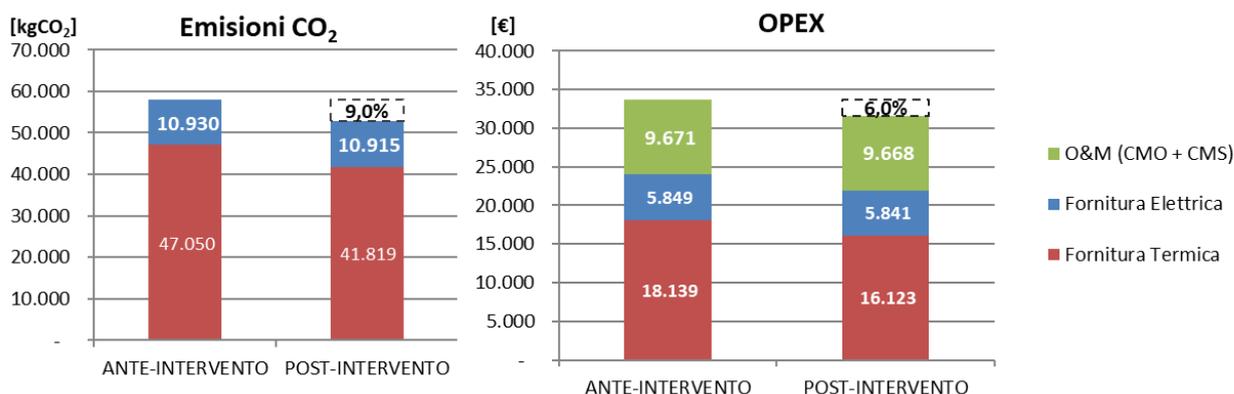
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generatore di calore	[%]	89	103	-15,7%
$Q_{teorico}$	[kWh]	226.803	201.589	11,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	23.674	23.641	0,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	232.921	207.027	11,1%

EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	23.405	23.372	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	47.050	41.819	11,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.930	10.915	0,1%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>57.980</b>	<b>52.734</b>	<b>9,0%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	18.139	16.123	11,1%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.849	5.841	0,1%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>23.988</b>	<b>21.963</b>	<b>8,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	7.640	7.638	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.031	2.030	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	9.671	9.668	0,0%
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>33.659</b>	<b>31.631</b>	<b>6,0%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+ classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202[kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0.467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074[€/kWh]per il vettore termico e 0.234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 7.5– EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



EEM2: Installazione di valvole termostatiche

### Generalità

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, e in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.

### Caratteristiche funzionali e tecniche

#### Valvole termostatiche:

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola

graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio anche superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

#### **Descrizione dei lavori**

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.

Figura 7.6 – Particolare radiatori attuali



#### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella [Tabella 7.9](#).

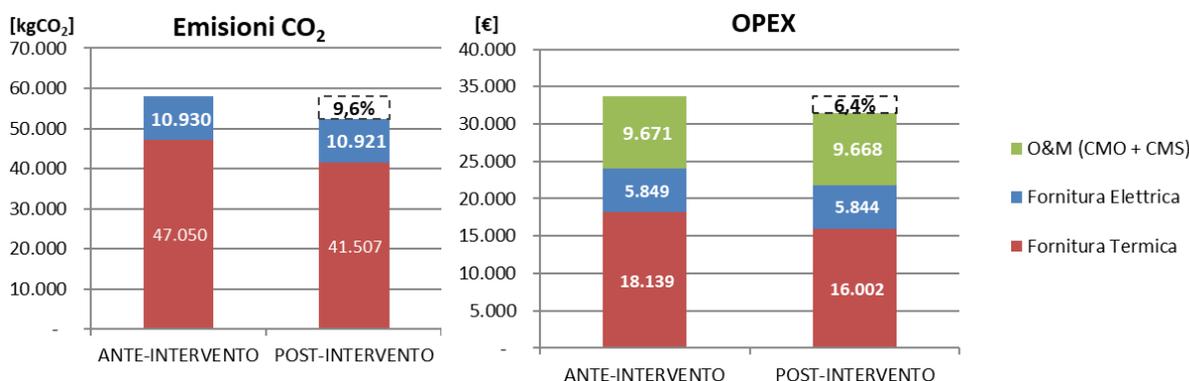
Tabella 7.9 – Risultati analisi EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	91	99	-8,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	226.803	200.084	11,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	23.674	23.655	0,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	232.921	205.481	11,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	23.405	23.386	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	47.050	41.507	11,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.930	10.921	0,1%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>57.980</b>	<b>52.428</b>	<b>9,6%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	18.139	16.002	11,8%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.849	5.844	0,1%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>23.988</b>	<b>21.846</b>	<b>8,9%</b>
$C_{MO}$	[€]	7.640	7.638	0,0%
$C_{MS}$	[€]	2.031	2.030	0,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	9.671	9.668	0,0%
OPEX	[€]	33.659	31.514	6,4%
Classe energetica	[-]	D	D	+classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202[kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0.467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074[€/kWh] per il vettore termico e 0.234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 7.7– EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### 8.1.2 Involucro trasparente

#### EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti

##### Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi esistenti e delle chiusure trasparenti, congiuntamente alla installazione di un sistema di termoregolazione sull'impianto di emissione del calore per riscaldamento.

I nuovi infissi avranno caratteristiche di trasmittanza inferiori al valore soglia fissati dal Conto Termico.

Figura 7.8 – Particolare di infisso in pvc con vetro doppio



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

I serramenti svolgono un ruolo fondamentale per quanto riguarda il comfort degli ambienti interni; essi infatti devono soddisfare una serie di requisiti legati a varie esigenze, quali: illuminazione; tenuta alle intemperie, resistenza meccanica, ventilazione, isolamento termico. Gli infissi in PVC con vetro doppio forniscono buone prestazioni energetiche al fine di garantire comfort termico all'interno dell'unità immobiliare, contenendo i costi per il riscaldamento.

##### Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

##### Prestazioni raggiungibili

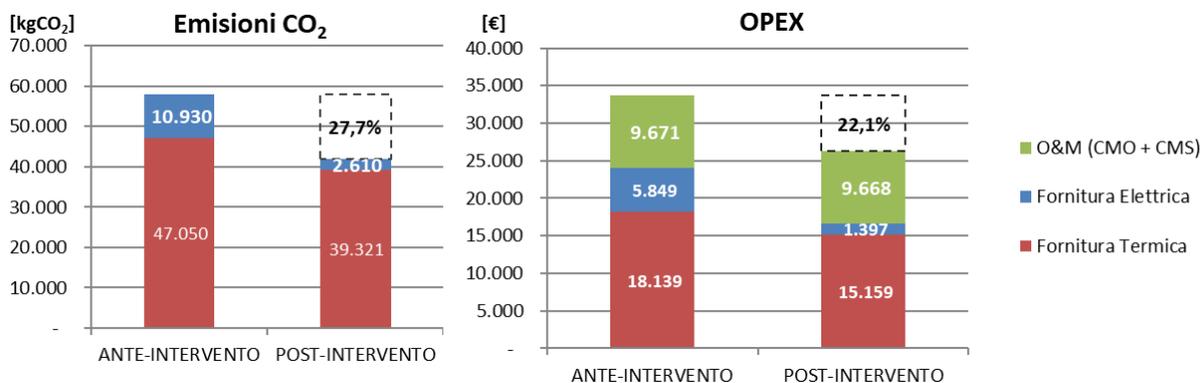
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella [Tabella 7.10](#) e nella [Figura 7.9](#)

Tabella 7.11 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione chiusure trasparenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/mqK]	3,5	1,2	65,7%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	226.803	189.544	16,4%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	23.674	5.653	76,1%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	232.921	194.657	16,4%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	23.405	5.589	76,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	47.050	39.321	16,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.930	2.610	76,1%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>57.980</b>	<b>41.931</b>	<b>27,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	18.139	15.159	16,4%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.849	1.397	76,1%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>23.988</b>	<b>16.556</b>	<b>31,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	7.640	7.638	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.031	2.030	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	9.671	9.668	0,0%
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>33.659</b>	<b>26.224</b>	<b>22,1%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh]

Figura 7.10 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### 8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED

#### Generalità

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione esistenti.

#### Caratteristiche funzionali e tecniche

I costi di intervento possono essere limitati qualora sia possibile prevedere la sostituzione della sola lampada con modelli compatibili a maggiore efficienza, mantenendo il porta lampada esistente. È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort: l'analisi dello stato di fatto potrebbe suggerire non solo la sostituzione delle lampade, ma anche la ricollocazione o l'integrazione dei corpi

Figura 7.11 - Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



#### Descrizione dei lavori

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore al 50% della potenza delle lampade sostituite.

#### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella [Tabella 7.9](#).

Tabella 7.12 – Risultati analisi EEM4 – Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

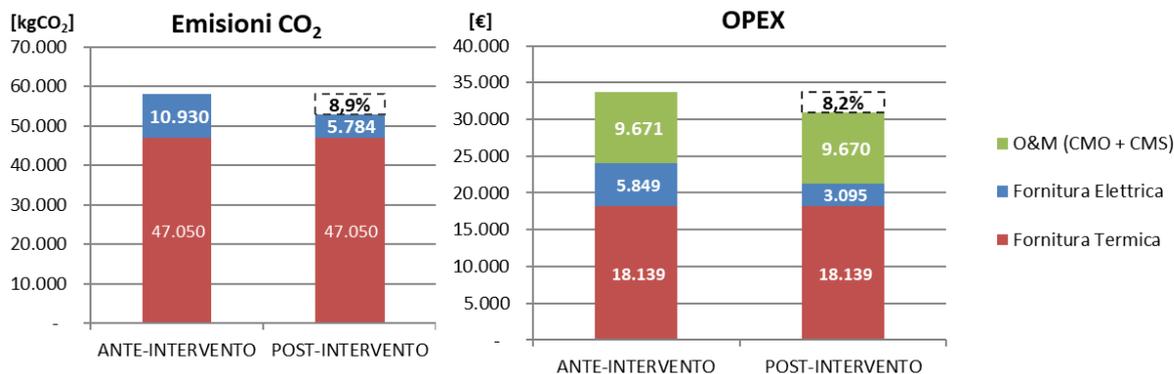
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 [Potenza installata]	[W]	2800	1400	<b>50,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	226.803	226.803	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	23.674	12.527	<b>47,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	232.921	232.921	<b>0,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	23.405	12.385	<b>47,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	47.050	47.050	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.930	5.784	<b>47,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>57.980</b>	<b>52.834</b>	<b>8,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	18.139	18.139	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.849	3.095	<b>47,1%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>23.988</b>	<b>21.234</b>	<b>11,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	7.640	7.640	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.031	2.030	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>9.671</b>	<b>9.670</b>	<b>0,0%</b>

OPEX	[€]	<b>33.659</b>	<b>30.904</b>	<b>8,2%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	+1 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202[kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0.467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074[€/kWh]per il vettore termico e 0.234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 7.12– 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 del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Nella Tabella 7.13 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei generatori di calore attualmente presenti con uno a condensazione ad alta efficienza.

Tabella 7.13 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO SCONTATO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
						[€]	[€]	[€]
PR.C76.B10.050	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	1	cad	€ 27.921,72	€ 27.921,72	22%	€ 34.064,49
PR.C84.C05.490	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 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,68	€ 120,68	22%	€ 147,23
40.C10.B10.110	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 fino a 100 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 215,17	€ 215,17	22%	€ 262,51
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	3	cad	€ 19,02	€ 57,05	22%	€ 69,60
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	4	cad	€ 25,61	€ 102,46	22%	€ 125,00

40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	3	cad	€ 108,54	€ 325,62	22%	€ 397,26
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	€ 26,74	€ 26,74	22%	€ 32,62
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 132,07	€ 132,07	22%	€ 161,12
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 68,82	€ 68,82	22%	€ 83,96
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	6	h	€ 30,97	€ 185,81	22%	€ 226,69
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	3	h	€ 28,69	€ 86,08	22%	€ 105,01
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 877,27	22%	€ 1.070,27
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.046,96	22%	€ 2.497,29
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 32.166</b>	<b>22%</b>	<b>€ 39.243</b>
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>						
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>						
<b>Incentivo annuo</b>		<b>0,00</b>						

**EEM2: Installazione di valvole termostatiche**

Nella Tabella 7.14 Error! Reference source not found. è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche.

Tabella 7.14 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione di valvole termostatiche

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[€]	(IVA INCLUSA)
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	75	cad	€ 31,88	€ 2.390,85	22%	€ 2.916,84
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	€ 20,42	€ 20,42	22%	€ 24,91
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	24	h	€ 28,69	€ 688,61	22%	€ 840,10
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 93,00	22%	€ 113,46
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 216,99	22%	€ 264,73

<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>		€	22%	€
		<b>3.409,87</b>		<b>4.160,04</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>			<b>0</b>
<b>Durata incentivi</b>				<b>0</b>
<b>Incentivo annuo</b>				<b>0</b>

**EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti**

Nella Tabella 7.15 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella rimozione degli infissi completi di vetri e sostituzione con infissi e vetri di caratteristiche termiche superiori

Tabella 7.15 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione chiusure trasparenti

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
						[€]	[€]	[€]
25.A05.H01.100	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	Prezziario Regione Liguria	750	m2	€ 35,65	€ 26.736,75	22%	€ 32.618,84
PR.A23.A30.010	Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m <sup>2</sup> K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m <sup>2</sup> 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	750	m2	€ 296,01	€ 222.007,50	22%	€ 270.849,15
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	109,54	m	€ 6,83	€ 748,30	22%	€ 912,92
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	112,5	m3	€ 10,59	€ 1.191,71	22%	€ 1.453,89
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 7.520,53	22%	€ 9.175,04
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 17.547,90	22%	€ 21.408,44
	<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>					€ <b>275.752,69</b>	22%	€ <b>336.418</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							€ <b>100.000,00</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								€ <b>20.000,00</b>

**EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED**

Nella Tabella 7.16 **Error! Reference source not found.** è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con altri utilizzando la tecnologia LED.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto nella tabella.

Tabella 7.16 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione di illuminazione LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO SCONTATO	TOTALE		TOTALE (IVA INCLUSA)
					(IVA ESCLUSA)	IVA	
					[€]	[€]	[€]
045161b Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	10	cad	€ 140,99	€ 1.409,94	22%	€ 1.720,13
045129b Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	8	cad	€ 88,75	€ 709,99	22%	€ 866,19
045161c Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	1	cad	€ 166,55	€ 166,55	22%	€ 203,20
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 63,60	22%	€ 77,59
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 148,40	22%	€ 181,04
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>					<b>€ 2.498,48</b>	<b>22%</b>	<b>€ 3.048</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>						€ 1.219,26
<b>Durata incentivi</b>							<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>							€ 243,85

## 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 caldaia con una a più alta efficienza

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

Tabella 7.17 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Caldaia

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	€ 39.243
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	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	18,6	18,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	21,1	21,1
Valore attuale netto	VAN	- 11.665	- 11.665
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,2%	-3,2%
Indice di profitto	IP	-0,30	-0,30

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Tabella 7.12 e Tabella 7.13.

Figura 7.13 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

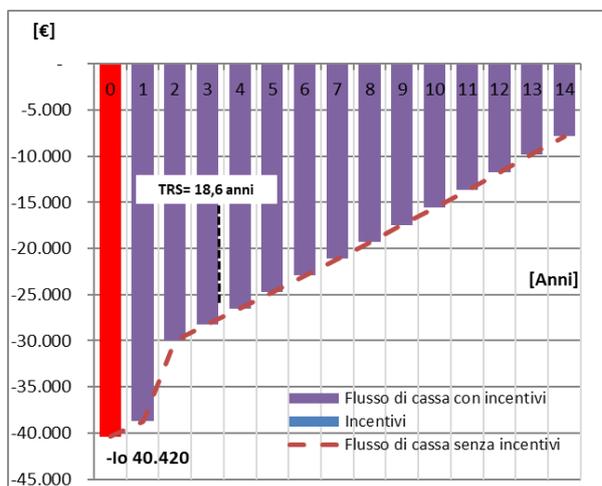
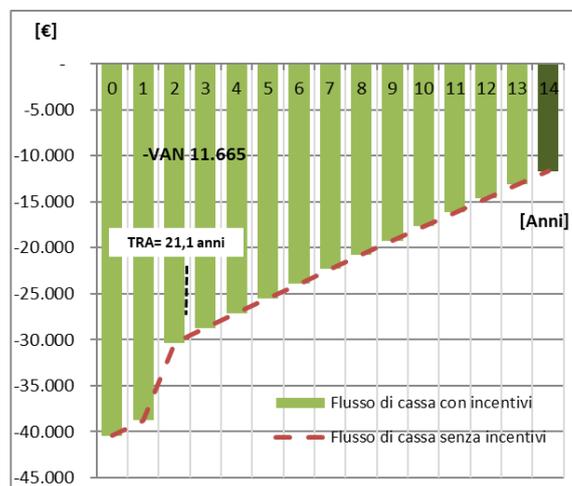


Figura 7.14 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che L'investimento non è remunerativo.

### EEM2: Installazione valvole termostatiche

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

Tabella 7.18 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 4.160
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	3
Vita utile	n	15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	$n_B$	5
Tasso di attualizzazione	i	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,2
Valore attuale netto	VAN	19.656
Tasso interno di rendimento	TIR	46,2%
Indice di profitto	IP	4,72

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati Tabella 7.14 e Tabella 7.15.

Figura 7.15 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

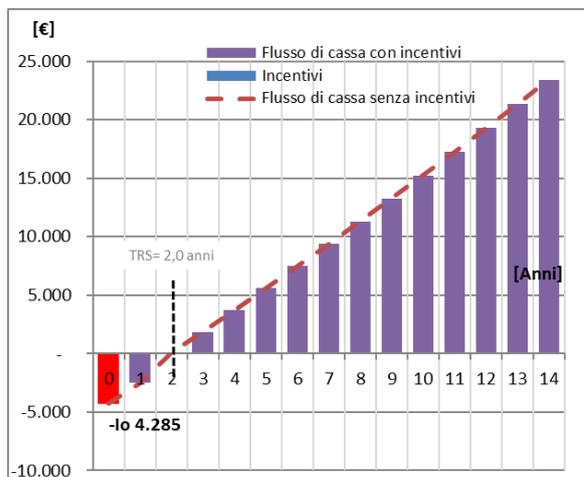
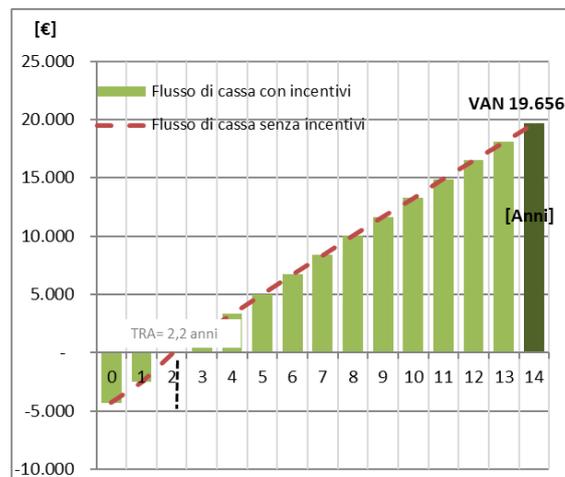


Figura 7.16 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che L’investimento è remunerativo, con un VAN positivo e tempi di ritorno semplice ed attualizzato entrambi inferiori ai 15 anni, vita utile tecnologica del componente installato.

**EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 7.19 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione involucro trasparente

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 336.418
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno 20.000
Durata incentivo	$n_B$	5
Tasso di attualizzazione	i	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	38,0 / 25,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	48,2 / 33,5
Valore attuale netto	VAN	- 130.731 / - 36.462
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,7% / 0,8%
Indice di profitto	IP	-0,39 / -0,11

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Tabella 7.18e Tabella 7.19

Figura 7.17 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

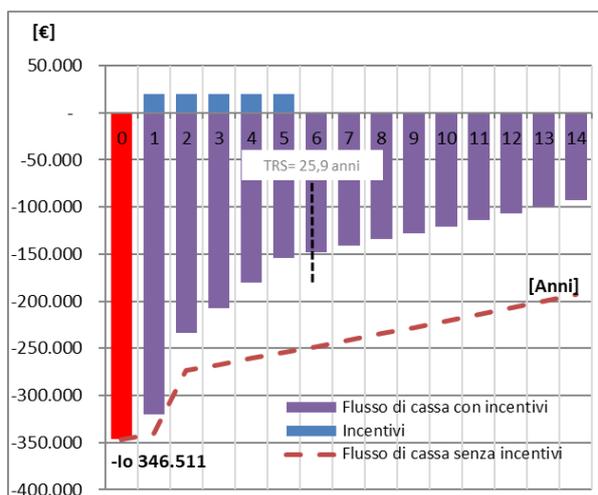
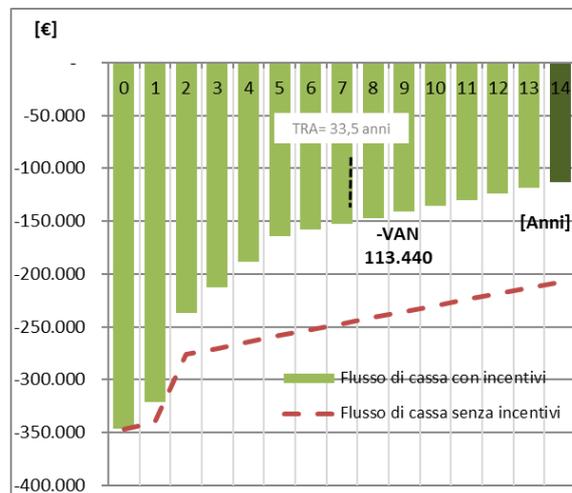


Figura 7.18 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento non è remunerativo.

**EEM4: Sostituzione illuminazione con led**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 7.20 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione illuminazione con led

PARMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 3.048
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	3
Vita utile	n	8
Incentivo annuo	B	€/anno 244
Durata incentivo	$n_B$	5
Tasso di attualizzazione	i	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	1,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,3
Valore attuale netto	VAN	12.712
Tasso interno di rendimento	TIR	76,8%
Indice di profitto	IP	4,17

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Tabella 7.20 e Tabella 7.21

Figura 7.19 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

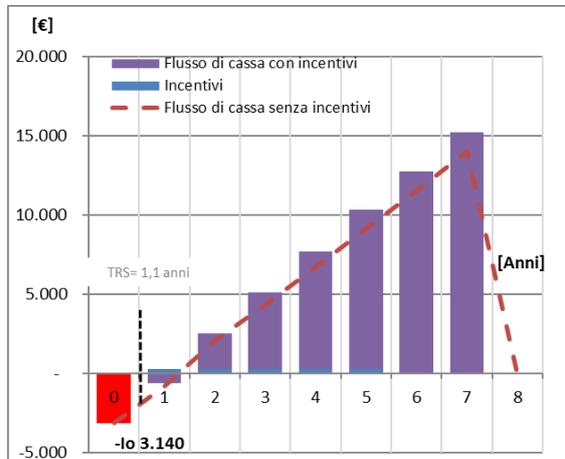
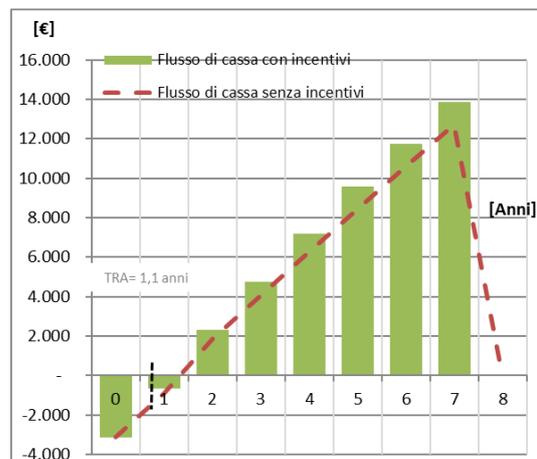


Figura 7.20 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che L'investimento è remunerativo, con un VAN positivo e tempi di ritorno semplice ed attualizzato entrambi inferiori alla vita utile tecnologica del componente installato.

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle [Tabella 7.21](#) e [Tabella 7.22](#).

Tabella 7.21 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	9%	€ 8,23	€ 2,37	€ 0,99	€ 39.243,05	18,6	21,1	15	-€ 11.664,69	- 3,15 %	-0,30
EEM 2	0%	10%	€ 4,78	€ 2,37	€ 0,99	€ 4.160,04	2,0	2,2	15	€ 19.655,62	46,1 %	4,72
EEM 3	76%	28%	€ 4.452,33	€ 2,37	€ 0,99	€ 336.418,28	38,0	48,2	30	-€ 130.731,24	- 1,74 %	-0,39
EEM 4	47%	9%	€ 2.754,05	€ 0,37	€ 0,99	€ 3.048,14	1,2	1,3	8	€ 12.711,97	76,7 %	4,17

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

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

Tabella 7.22 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	9%	€ 8,23	€ 2,37	€ 0,99	€ 39.243,05	18,6	21,1	15	-€ 11.664,69	-3,15%	-0,30
EEM 2	0%	10%	€ 4,78	€ 2,37	€ 0,99	€ 4.160,04	2,0	2,2	15	€ 19.655,62	46,17%	4,72
EEM 3	76%	28%	€ 4.452,33	€ 2,37	€ 0,99	€ 336.418,28	25,9	33,5	30	-€ 36.462,05	0,76%	-0,11
EEM 4	47%	9%	€ 2.754,05	€ 0,37	€ 0,99	€ 3.048,14	1,1	1,1	8	€ 13.861,35	84,50%	4,55

### 9.3 IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposti, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

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

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice,  $TRS \leq 25$  anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice,  $TRS \leq 15$  anni.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: Generatore + valvole + infissi:** Tale scenario consiste nella realizzazione di tre delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede, la sostituzione del generatore di

calore con altro a condensazione (EEM1) e l'installazione di valvole di termoregolazione sui radiatori (EEM2) e la sostituzione delle chiusure trasparenti. L'integrazione delle due EEM (generatore di calore a condensazione + valvole termostatiche) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per l'intervento EEM1.

- **Scenario 2: SC1 (Generatore + valvole + infissi) + LED** Tale scenario consiste nella realizzazione del primo scenario con l'aggiunta della sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED.

### Scenario 1

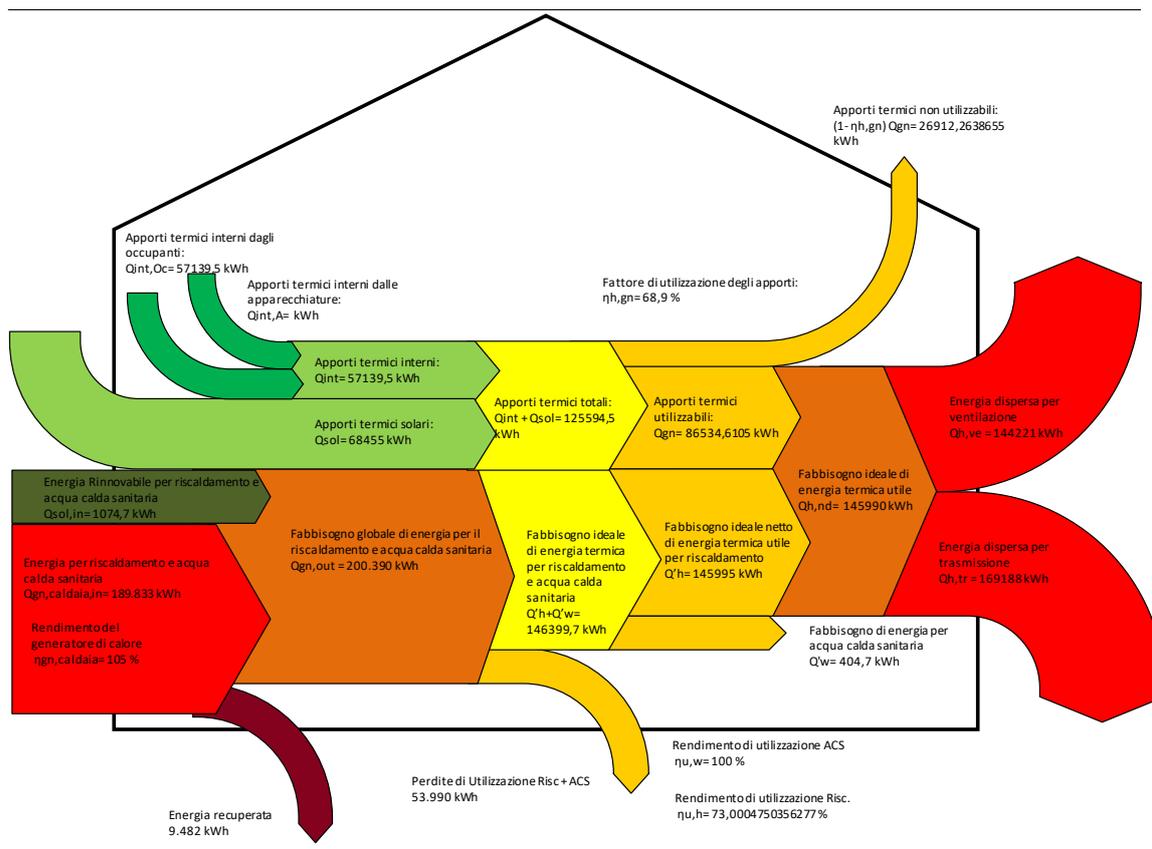
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM1 sostituzione caldaia, EEM2 installazione valvole termoregolatrici e EEM3 sostituzione delle chiusure trasparenti

Tabella 7.23 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 32.166	€ 7.077	€ 39.243
EEM2 Fornitura & Posa	€ 3.409,87	€ 750,17	€ 4.160,04
EEM3 Fornitura & Posa	€ 275.752,69	€ 60.666	€ 336.418
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>311327</b>	<b>68.493</b>	<b>379820</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>Mo</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	7640	2030	9670
EEM2 O&M	7640	2030	9670
EEM3 O&M	7640	2030	9670
<b>MEDIA (C<sub>M</sub>)</b>	<b>7640</b>	<b>2030</b>	<b>9670</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 100.000,00	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 20.000	

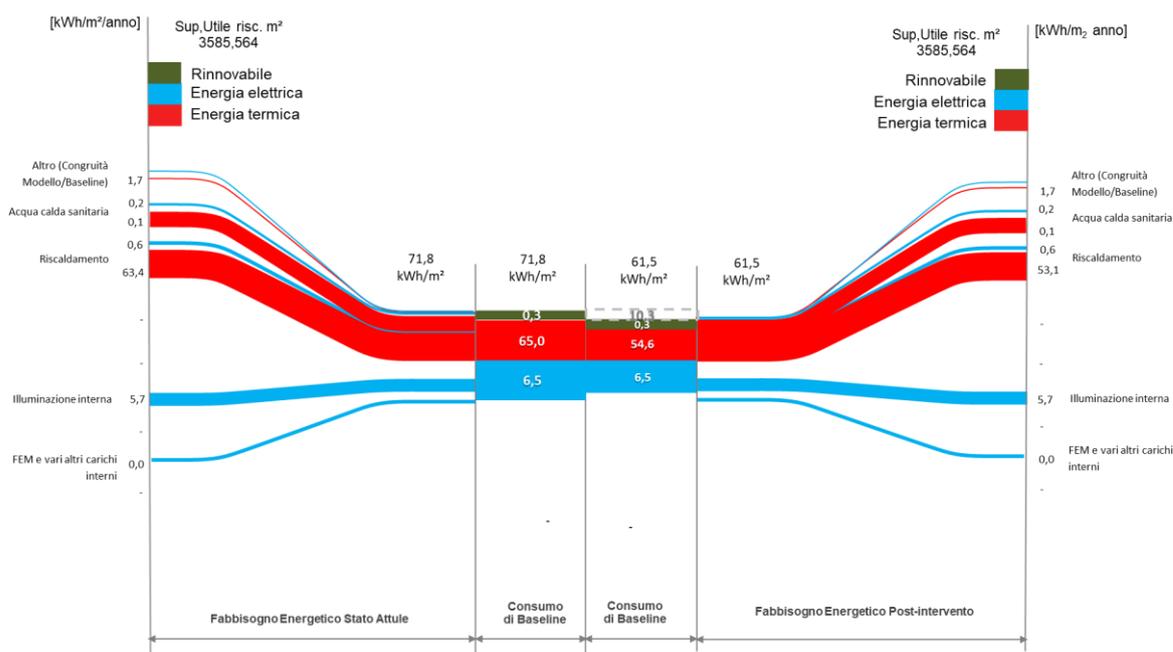
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 7.21 – 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 fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale.. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora superiore a quella dispersa per ventilazione, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l'isolamento dell'edificio.

Figura 7.22 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella [Tabella 7.24](#) e nella [Figura 7.23](#)

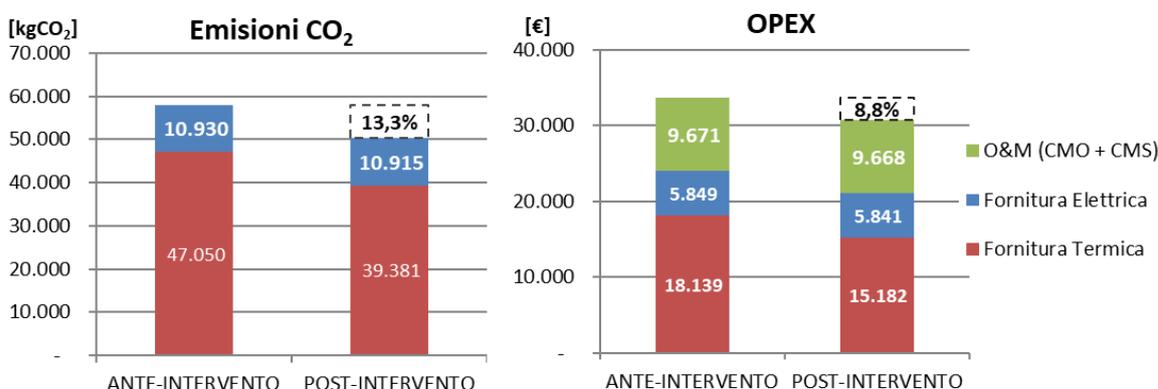
**Tabella 7.24 – Risultati analisi SCN1 – Sostituzione caldaia e installazione valvole termoregolatrici**

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
Rendimento generatore di calore	[%]	90	105	<b>-16,7%</b>
Rendimento regolazione	[%]	92	99	<b>-7,6%</b>
Trasmittanza	[W/m2 K]	3,5	1,2	<b>65,7%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	226.803	189.833	<b>16,3%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	23.674	23.642	<b>0,1%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	232.921	194.954	<b>16,3%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	23.405	23.373	<b>0,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	47.050	39.381	<b>16,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.930	10.915	<b>0,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>57.980</b>	<b>50.296</b>	<b>13,3%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	18.139	15.182	<b>16,3%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.849	5.841	<b>0,1%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_e</math></b>	<b>[€]</b>	<b>23.988</b>	<b>21.023</b>	<b>12,4%</b>
$C_{MO}$	[€]	7.640	7.638	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.031	2.030	<b>0,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>9.671</b>	<b>9.668</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>33.659</b>	<b>30.691</b>	<b>8,8%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+1classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074[€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

**Figura 7.23 – 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'[Tabella 7.25](#)

I risultati dell'analisi sono riportati nella [Tabella 7.26](#), [Tabella 7.27](#) e [Tabella 7.28](#) e nelle successive figure.

Tabella 7.26 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Sostituzione caldaia, installazione valvole termoregolatrici e sostituzione chiusure trasparenti

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_o$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	15
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	€ 295.416
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 8.862
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 304.279
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 243.423
Equity	$I_E$	€ 60.856
Fattore di annualità Debito	FA <sub>D</sub>	11,41
Rata annua debito	$q_D$	€ 21.341
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 320.109
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 76.686

Tabella 7.27 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{EO}$	€ 19.662
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{MO}$	€ 7.927
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 27.589
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	12,4%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	10,3%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 1.343
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 39.126
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 3.894

N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-63,10%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C <sub>ESCO</sub>	-€ 13.715
Costi FTT €/anno IVA escl.	C <sub>FTT</sub>	€ 5.478
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C <sub>CAPEX</sub>	€ 9.581
Canone O&M €/anno	C <sub>nM</sub>	€ 7.383
Canone Energia €/anno	C <sub>nE</sub>	€ 18.863
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C <sub>nS</sub>	€ 26.246
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C <sub>nD</sub>	€ 1.343
Canone Totale €/anno IVA escl.	C <sub>n</sub>	€ 27.589
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R <sub>IVA</sub>	€ 53.272
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R <sub>B</sub>	€ 116.872
Durata Incentivi, anni	n <sub>B</sub>	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 7.28 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Non Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	- 273,29
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	- 578,26
Valore Attuale Netto, VAN = VA – Io	VAN > 0	-€ 137.055
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	-12,91%
Indice di Profitto	IP	-46,39%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		#NUM!
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7,15
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,47
Valore Attuale Netto, VAN = VA – Io	VAN > 0	-€ 81.488
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	#NUM!
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,698
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,164
Indice di Profitto Azionista	IP	-27,58%

Figura 7.24 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

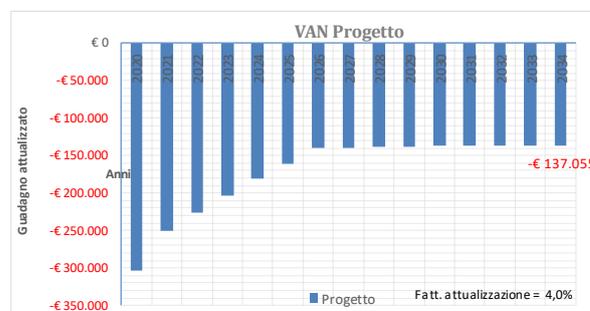
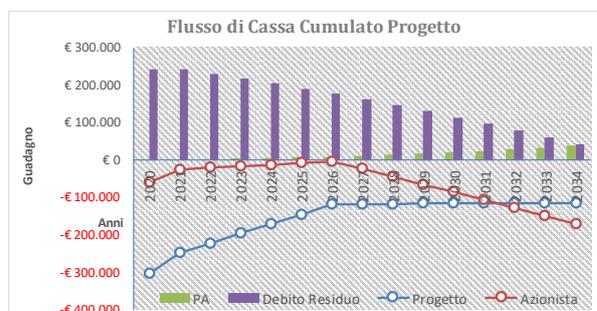
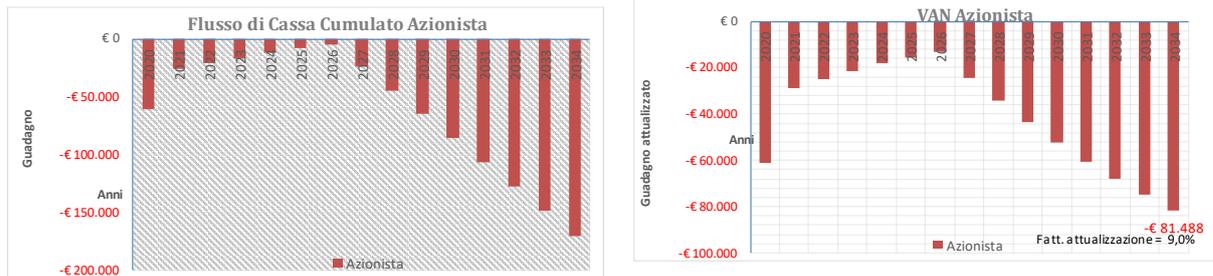
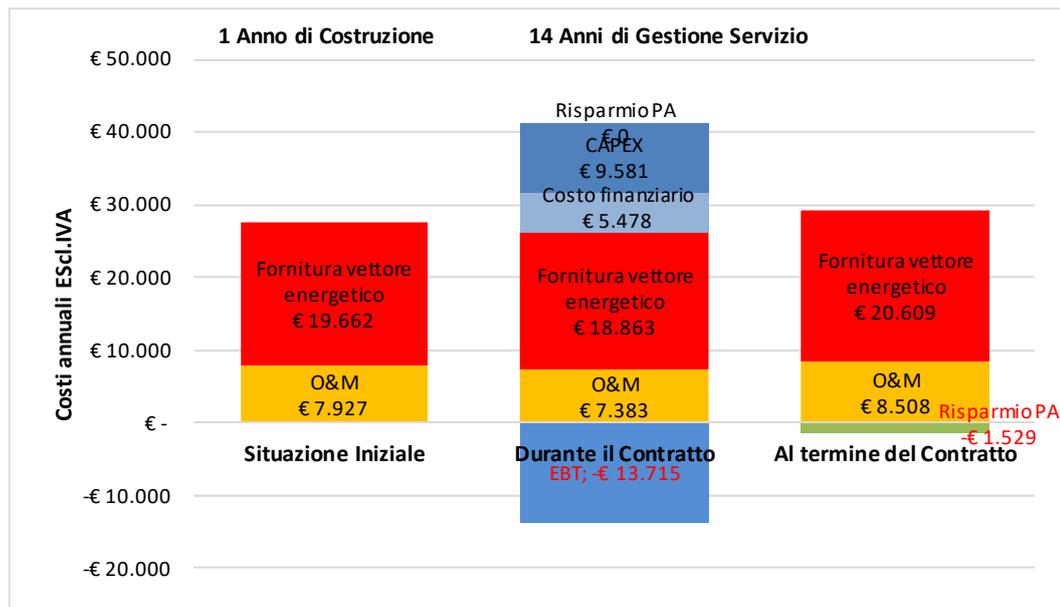


Figura 7.25 –SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento non risulta remunerativo. 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 9.8. Con l’obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest’ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi

Figura 7.26 – Scenario 1:Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.1 Scenario 2

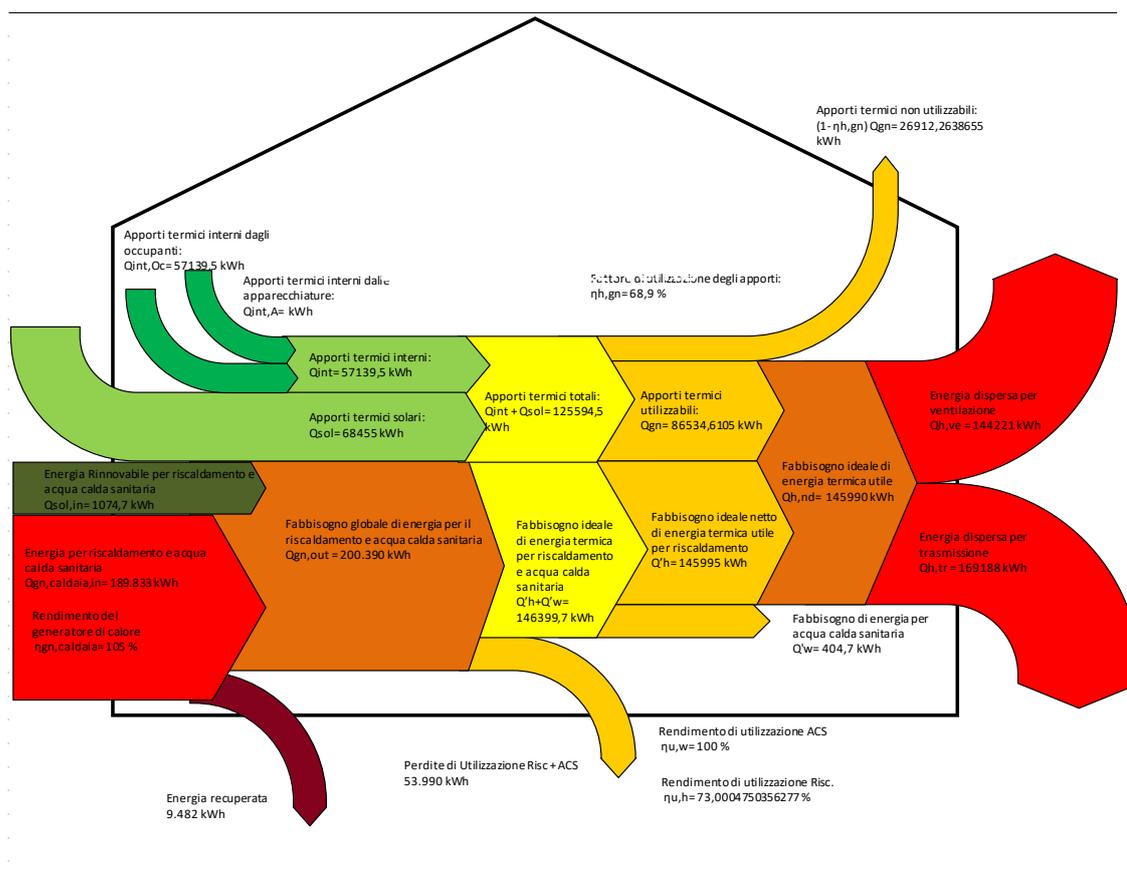
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM1 controsoffittatura e EEM4 sostituzione illuminazione con led

Tabella 7.29 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 32.166	€ 7.077	€ 39.243
EEM2 Fornitura & Posa	€ 3.409,87	€ 750,17	€ 4.160,04
EEM3 Fornitura & Posa	€ 275.752,69	€ 60.666	€ 336.418
EEM4 Fornitura & Posa	€ 2498.48	€ 550	€ 3048
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>313827</b>	<b>69.043</b>	<b>€382870</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>Mo</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>Ms</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	7640	2030	9670
EEM2 O&M	7640	2030	9670
EEM3 O&M	7640	2030	9670
EEM4 O&M	7640	2030	9670
<b>MEDIA (C<sub>M</sub>)</b>	<b>7640</b>	<b>2030</b>	<b>9670</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>	<b>101219,26</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>20.243,85</b>	

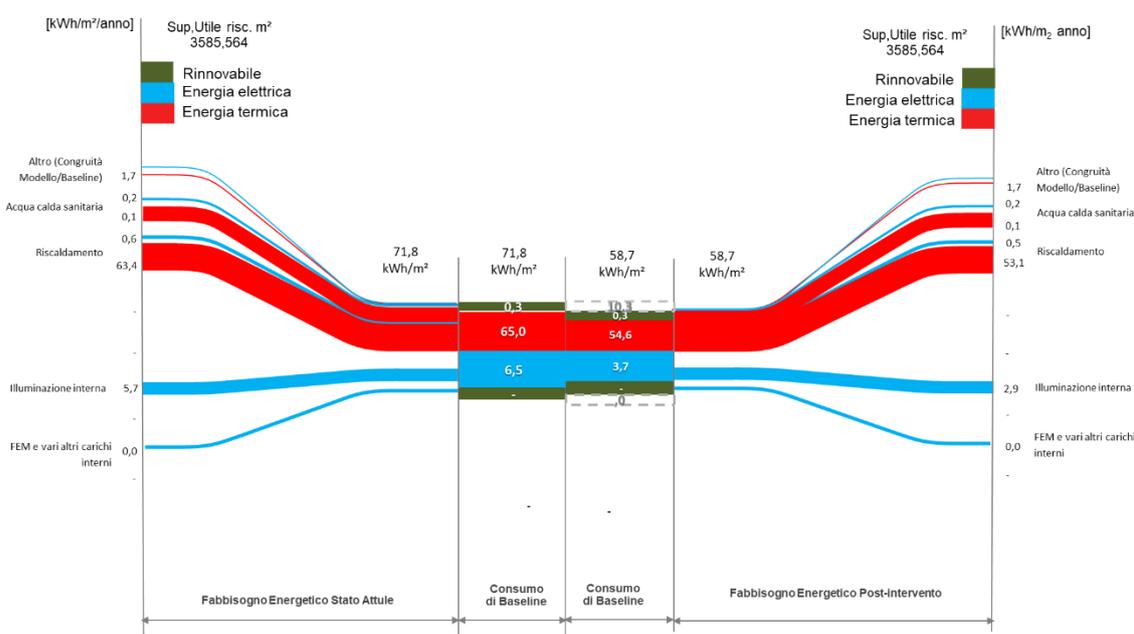
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 7.27 – 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 fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale.. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora superiore a quella dispersa per ventilazione, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l’isolamento dell’edificio.

Figura 7.28 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella [Tabella 7.24](#) e nella [Figura 7.23](#)

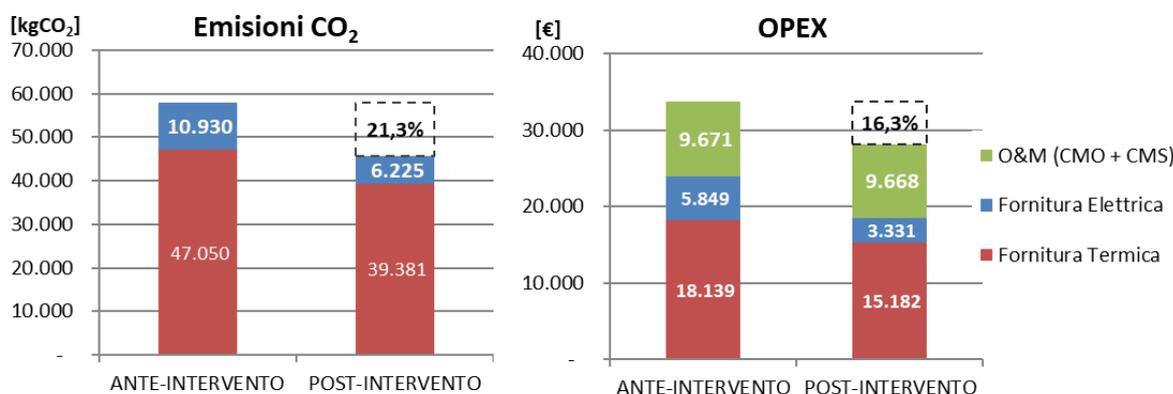
Tabella 7.30 – Risultati analisi SCN2 –SCN 1 +sostituzione illuminazione con led

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
Rendimento generatore di calore	[%]	90	105	-16,7%
Rendimento regolazione	[%]	92	99	-7,6%
Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	3,5	1,2	65,7%
Potenza installata	[W]	2800	1400	50,0%
Qteorico	[kWh]	226.803	189.833	16,3%
EEteorico	[kWh]	23.674	13.484	43,0%
Qbaseline	[kWh]	232.921	194.954	16,3%
EEBaseline	[kWh]	23.405	13.331	43,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	47.050	39.381	16,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.930	6.225	43,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>57.980</b>	<b>45.606</b>	<b>21,3%</b>
Fornitura Termica, CQ	[€]	18.139	15.182	16,3%
Fornitura Elettrica, CEE	[€]	5.849	3.331	43,0%
<b>Fornitura Energia, CE</b>	<b>[€]</b>	<b>23.988</b>	<b>18.514</b>	<b>22,8%</b>
CMO	[€]	7.640	7.638	0,0%
CMS	[€]	2.031	2.030	0,0%
O&M (CMO + CMS)	[€]	9.671	9.668	0,0%
OPEX	[€]	33.659	28.182	16,3%
Classe energetica	[-]	D	C	+1classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202[kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0.467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074[€/kWh]per il vettore termico e 0.234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 7.29 - 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

I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 7.26, Tabella 7.27 e Tabella 7.28 e nelle successive figure.

Tabella 7.31 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2+ installazione delle lampade a led

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	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	25
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	€ 297.787
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 8.934
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 306.721
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 245.377
Equity	$I_E$	€ 61.344
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	16,09
Rata annua debito	$q_D$	€ 15.247
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 381.174
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 135.798

Tabella 7.32 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{Eo}$	€ 19.662
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{Mo}$	€ 7.927
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 27.589
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	22,8%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	11,5%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 2.430
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 113.524
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 7.275
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-69,34%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	-€ 8.862

Costi FTT €/anno IVA escl.	C <sub>FTT</sub>	€	5.658
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C <sub>CAPEX</sub>	€	5.633
Canone O&M €/anno	C <sub>nM</sub>	€	7.471
Canone Energia €/anno	C <sub>nE</sub>	€	17.688
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C <sub>nS</sub>	€	25.159
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C <sub>nD</sub>	€	2.430
Canone Totale €/anno IVA escl.	C <sub>n</sub>	€	<b>27.589</b>
Aliquota IVA %	IVA		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	R <sub>IVA</sub>	€	53.699
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R <sub>B</sub>	€	117.821
Durata Incentivi, anni	n <sub>B</sub>		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 7.33 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Non Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	- 115,87
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	- 492,48
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 110.178
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	-6,03%
Indice di Profitto	IP	-37,00%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		#NUM!
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	11,46
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,38
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 43.164
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	#NUM!
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,658
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,137
Indice di Profitto Azionista	IP	-14,50%

Figura 7.30 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

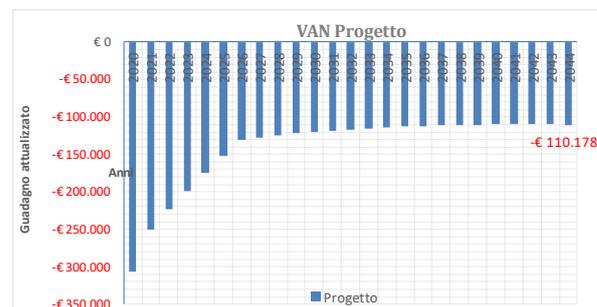
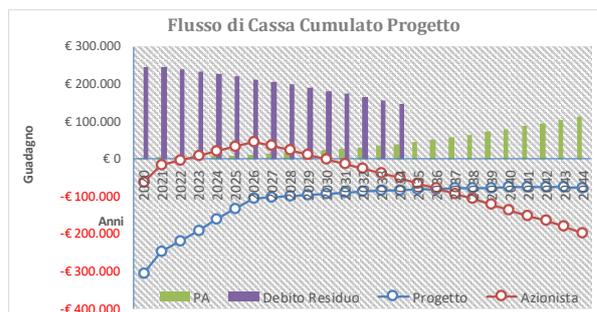
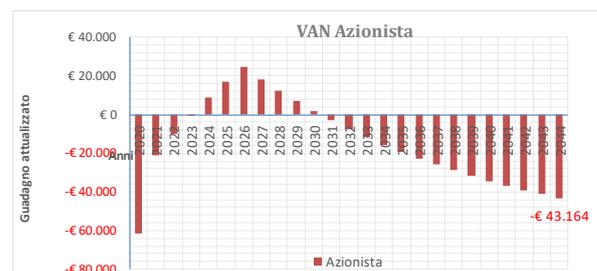
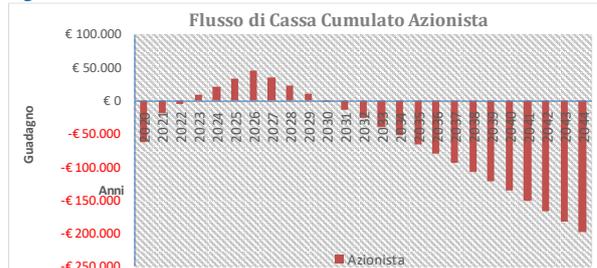
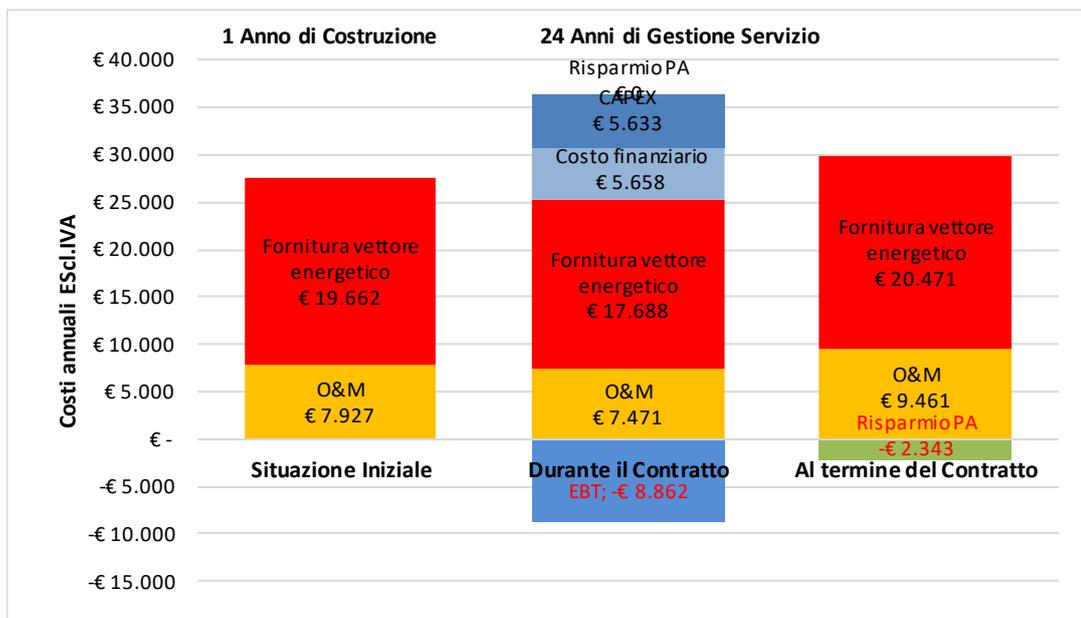


Figura 7.31 –SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento non risulta remunerativo. 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 9.8. Con l’obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest’ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi

Figura 7.32 – Scenario 2:Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro e da impianti dotati di livelli prestazionali ridotti. Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. la sostituzione dell'attuale generatore di calore con altro a condensazione ad alta efficienza;
2. l'installazione di valvole termostatiche;
3. La sostituzione delle chiusure trasparenti con altre di migliori prestazioni;
4. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi più interessanti sono rappresentati dalla realizzazione dello scenario 2 che comprende la sostituzione della caldaia con una a condensazione, la sostituzione delle chiusure trasparenti e la sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED, oltre all'installazione di valvole termostatiche. Ipotizzando uno scenario a 25 anni sarebbe conveniente anche dare in gestione la realizzazione e la gestione dell'edificio a società tipo ESCO.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione del generatore potrebbe prevedere una caldaia di potenzialità inferiore laddove il carico termico di riscaldamento venga preventivamente diminuito, migliorando l'isolamento dell'involucro. Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatori termici e e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

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

Dalle analisi effettuate risulta che neppure l'investimento previsto nello scenario SCN2 risulta essere remunerativo.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/03/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E724.pdf

## ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E724.pdf

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/03/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E724.pdf

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

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	19/03/2018	ALLEGATO D_DE_Lotto.4 -E724.pdf

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/03/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E724.pdf

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E724.pdf

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/03/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E724.pdf

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E724_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E724_SCN2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E724.Rev01.xlsx

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E724_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/03/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E724.pdf

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/03/2018	AnalisiPEF_rev05_E724.xlsx

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/03/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E724.pdf

## ALLEGATO N – CD-ROM