

# SCUOLA ELEMENTARE "DA VERRAZZANO" E SCUOLA MEDIA "DURAZZO"

E.41

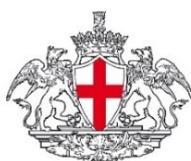
VIA ANGELO GIANELLI n.49

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



# **SCUOLA ELEMENTARE “DA VERRAZZANO” E SCUOLA MEDIA “DURAZZO”**

## **E.41**

**[VIA ANGELO GIANELLI N.49 GENOVA]**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

Tel 010 5573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

Environment Park.S.p.A

via Livorno n.60 – 10144 Torino - Italia

Tel: 011 2257536 – [stefano.dotta@envipark.com](mailto:stefano.dotta@envipark.com)

**REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI**

<b>Revisione</b>	<b>Data</b>	<b>Realizzazione</b>	<b>Revisione</b>	<b>Approvazione</b>	<b>Descrizione</b>
A	03/05/2018	Sergio Ravera	Sergio Ravera Daniela Di Fazio Mauro Cornaglia Baccaro Angela Vincenzo Cuzzola	Stefano Dotta	Prima Pubblicazione
B	13/06/2018	Sergio Ravera	Sergio Ravera Daniela Di Fazio Mauro Cornaglia Baccaro Angela Vincenzo Cuzzola	Stefano Dotta	Seconda Pubblicazione
C	20/07/2018	Sergio Ravera	Sergio Ravera Daniela Di Fazio Mauro Cornaglia Baccaro Angela Vincenzo Cuzzola	Stefano Dotta	Terza Pubblicazione



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>1</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
1.1 PREMESSA .....	3
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	3
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	3
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	4
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	5
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	8
<b>2 DATI DELL’EDIFICIO.....</b>	<b>9</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	9
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO .....	9
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	10
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	11
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>13</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	13
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	14
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	14
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>16</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	16
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	16
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	18
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	25
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>27</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	27
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	27
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	30
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	34
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>39</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	39
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	40
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	41
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	43
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>45</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	45
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	45
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	49
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	52
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	53



<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>54</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	54
8.1.1	<i>Involucro edilizio .....</i>	54
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	60
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico .....</i>	63
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>66</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	66
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	72
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO .....	82
9.3.1	<i>Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni .....</i>	84
9.3.2	<i>Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni .....</i>	90
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>97</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	97
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	97
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	99
	<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>	<b>A</b>
	<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>	<b>A</b>
	<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>	<b>1</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1.900
Anno di ristrutturazione		nn
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)	
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.333,70
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.037,18
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	7.644,12
Rapporto S/V	[1/m]	0,40
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.842,52
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.876,00
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3.718,52
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	210
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Assente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	31,4
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>rit</sub> /anno]	99944
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	7.694
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25.011
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.219

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

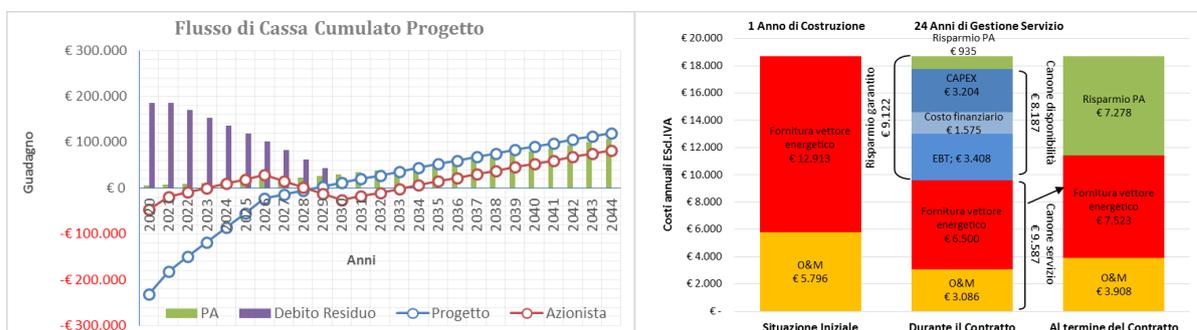
- EEM 1: Isolamento a cappotto in EPS grigio con grafite sp=12cm
- EEM 2: Coibentazione solaio su sottotetto con rotolo in lana di vetro sp=20cm
- EEM 3: Coibentazione copertura calpestabile con polistirene xps ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm
- EEM 4: Sostituzione Infissi con altri aventi U=1,66W/m<sup>2</sup>k
- EEM 5: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 6: Installazione di sistemi di illuminazione a LED
- EEM 7: Installazione di un nuovo generatore di calore
- SCN1: Installazione di sistemi di illuminazione a LED, Installazione di sistemi di termoregolazione, Coibentazione solaio su sottotetto, Installazione di un nuovo generatore di calore
- SCN2: Isolamento a cappotto, Installazione di un nuovo generatore di calore, Installazione di sistemi di illuminazione a LED, Coibentazione solaio su sottotetto, Coibentazione copertura

**E41 – Scuola Elementare “Da Verrazzano” e Scuola Media “Durazzo”**
**Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi**

CON INCENTIVI														
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	n	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSC R	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	27,4	28,5	3.532	0	0	-110641	30	15,8	28,7	1135	4,1	0,01	-	-
EEM 2	2,5	2,6	319	0	0	-3.595	30	6	7,9	3348	12,8	0,93	-	-
EEM 3	9,1	9,4	1.170	0	0	-26242	30	11,7	17,9	5663	6,5	0,22	-	-
EEM 4	11,9	12,4	1.535	0	0	-113956	30	54,6	80,2	-73483	-4,3	-0,64	-	-
EEM 5	1,8	1,9	233,5	0	0	-6656	15	24,9	31,1	-3549	7,2	-0,53	-	-
EEM 6	12,7	12	1.645,9	0	0	-64.575	8	13,2	14,8	-30.641	-14,6	-0,47	-	-
EEM 7	6,3	6,5	811	2.935	780	-16.987	15	9	3,3	32.318	30	1,9	-	-
SCN 1	22,1	21,8	2.850*	2.289*	609*	-89.151	-	3,2	3,8	5.703	23,1	6,4	1,1	1
SCN 2	56,8	57,9	7.335*	2.289*	609*	-224.265	-	9,1	15,6	12.093	14,7	5,4	1	1,4

\*secondo il documento di F.A.Q. quesito 35 nelle analisi economiche e finanziarie degli scenari i risparmi economici sono considerati al netto dell'IVA

**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 i gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

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

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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Environment Park S.p.A, il cui responsabile per il processo di audit è l'Arch. Stefano Dotta, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord





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]	31,4
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>it</sub> /anno]	99.944
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	7.694
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25.011
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.219

Nota (1): Valori di Baseline

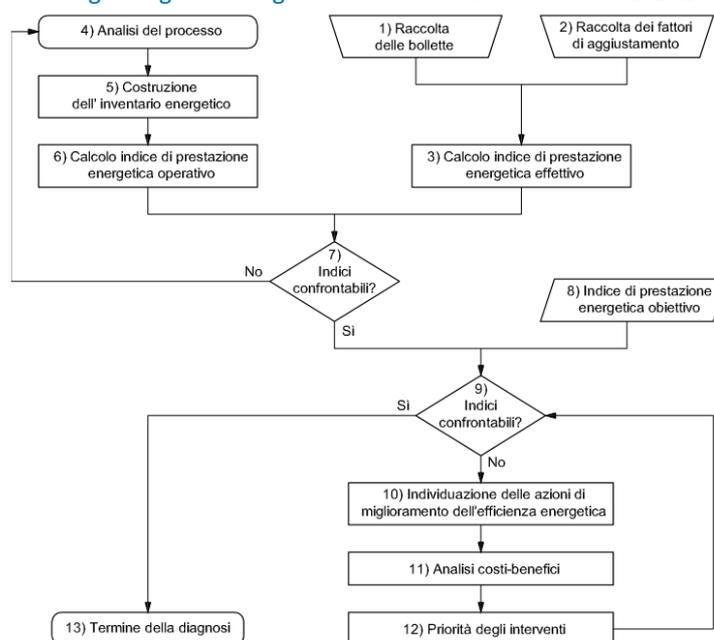
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 11/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale EDILCLIMA Versione EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Certificato CTI N.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo ubicata presso Genova Sant’Ilario e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</sub>);
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;

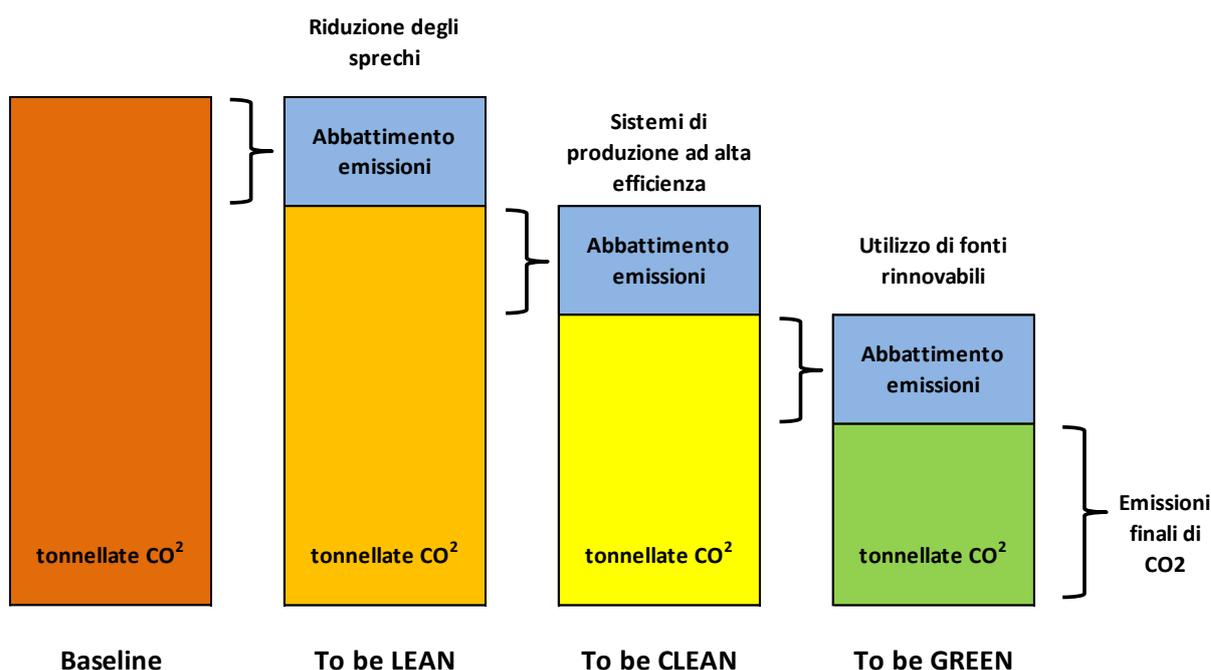
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica, (fonte: London Plan 2011)



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 dalla 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 dalle 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:

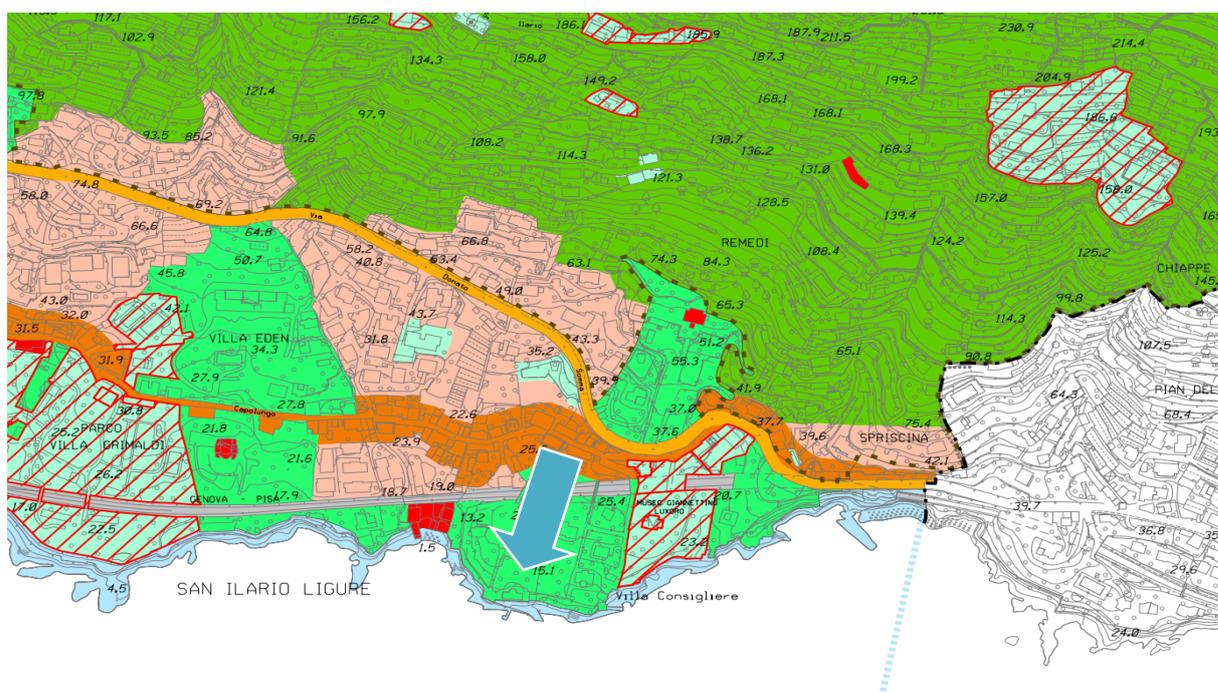
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 AC VP ambito di conservazione del territorio di carattere paesaggistico e panoramico.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio risale all'incirca al 1900 non presenta recenti ristrutturazioni ed ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.

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

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

La scuola è utilizzata con continuità tutti i giorni della settimana (dal lunedì al venerdì) ed è rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dall'utenza; la corretta manutenzione dell'edificio permetterebbe inoltre di preservarlo al meglio in quanto edificio storico di pubblica utilità.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto [Figura 2.2 - Vista satellitare dell'edificio \(Fonte:](#)

della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali si sviluppano le attività didattiche.

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

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

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>
Seminterrato	palestra	[m <sup>2</sup> ]	142,82	127,40	
	spogliatoio della palestra	[m <sup>2</sup> ]	16,60	14,70	
	aula	[m <sup>2</sup> ]	47,47	38,36	
	magazzini	[m <sup>2</sup> ]	153,33	107,29	
	corridoio	[m <sup>2</sup> ]	59,58	38,11	
Terra	aule	[m <sup>2</sup> ]	275,72	208,40	
	refettorio	[m <sup>2</sup> ]	66,96	54,37	
	corridoio	[m <sup>2</sup> ]	85,11	76,10	
	servizi	[m <sup>2</sup> ]	6,66	3,4	
	scale dx	[m <sup>2</sup> ]	20,14	17,74	
	scale sx	[m <sup>2</sup> ]	18,08	17,11	
Primo	aule	[m <sup>2</sup> ]	309,37	239,29	
	corridoio	[m <sup>2</sup> ]	44,91	44,28	
	servizi M	[m <sup>2</sup> ]	22,48	16,83	
	servizi F	[m <sup>2</sup> ]	18,82	13,32	
Secondo	aule	[m <sup>2</sup> ]	270,93	221,08	
	corridoio	[m <sup>2</sup> ]	49,59	48,69	
	servizi	[m <sup>2</sup> ]	32,13	21,88	
NON RISC	Locali interrato	[m <sup>2</sup> ]	168,19		
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>1.842,52</b>	<b>1.333,70</b>	<b>]</b>

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

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

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

Una verifica effettuata sul portale della Regione Liguria dedicato agli edifici vincolati ([www.liguriavincoli.it](http://www.liguriavincoli.it)) non ha evidenziato alcuni vincoli in riferimento all'edificio in oggetto nonostante esso sia stato costruito ad inizio novecento come da indicazioni storiche fornite dalla Stazione Appaltante.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA (4)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento a cappotto in EPS grigio con grafite sp=12cm	nn		nn
EEM 2: Coibentazione solaio su sottotetto con rotolo in lana di vetro sp=20cm	nn		- nn
EEM 3: Coibentazione copertura calpestabile con polistirene xps ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm	nn		nn
EEM 4: Sostituzione infissi con altri aventi U=1,66W/m <sup>2</sup> k	nn		nn
EEM 5: Installazione di sistemi di termoregolazione	nn		nn
EEM 6: Installazione di sistemi di illuminazione a LED	nn		nn
EEM 7: Installazione di un nuovo generatore di calore	nn		nn

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

## 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.

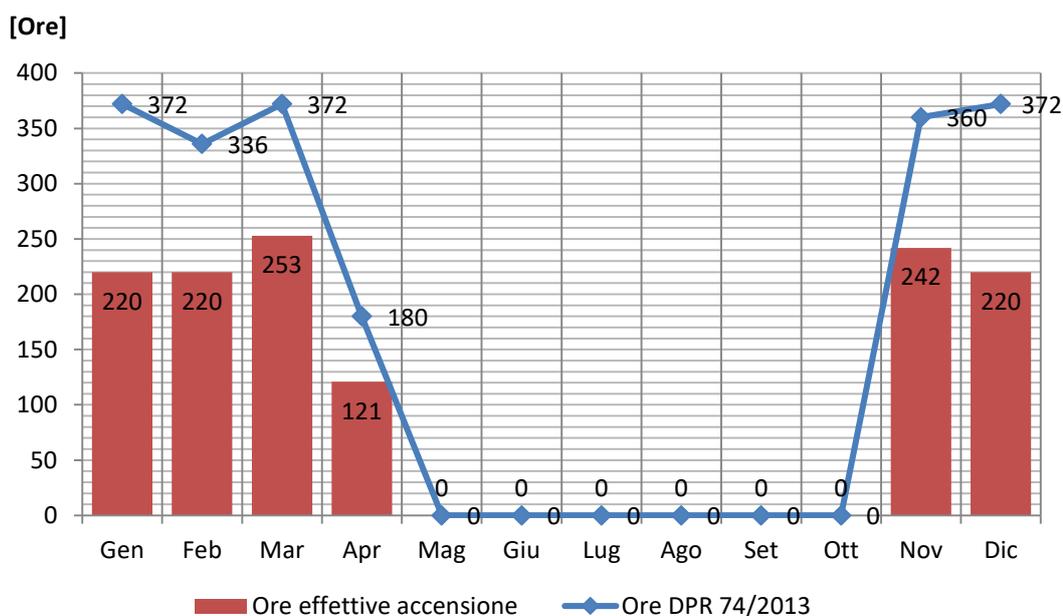
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ottenuti tramite colloquio col personale amministrativo e dirigente scolastica, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dagli uffici preposti del Comune di Genova.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.30	7.30 – 18.30
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Dal lunedì al venerdì	7.30-18.30	[-]

Figura 2.3 – 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. Si rileva infatti un’accensione anticipata dell’impianto termico rispetto all’orario effettivo di utilizzo ed uno spegnimento prossimo all’orario di uscita del personale della struttura, al fine di garantire l’adeguata climatizzazione dell’edificio.

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

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

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 988 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG<sub>rif</sub>

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	19%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	21%
Aprile	30	15,3	15	71	11	11	54	6%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	22	22	147	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	20	200	20%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>223</b>	<b>116</b>	<b>988</b>	<b>100%</b>

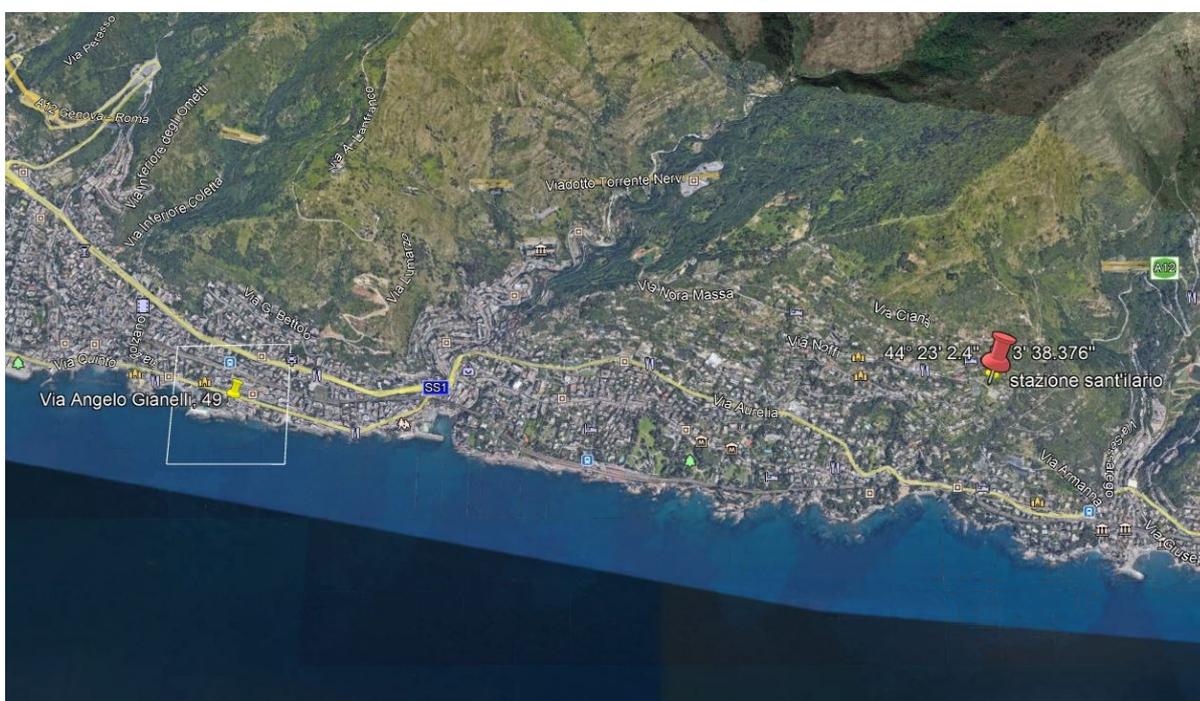
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione delle temperature 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 installata presso Genova Sant'Ilario (44° 23' N 9° 3' E Altitudine 174 m).

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

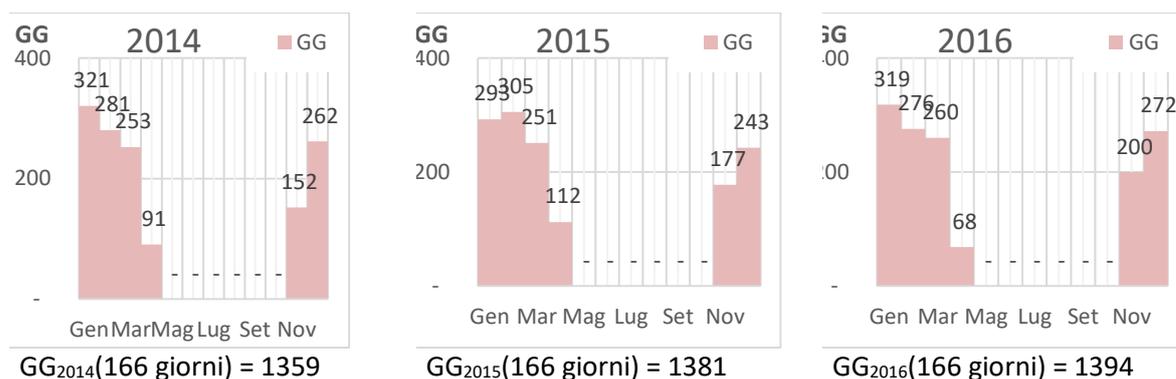
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

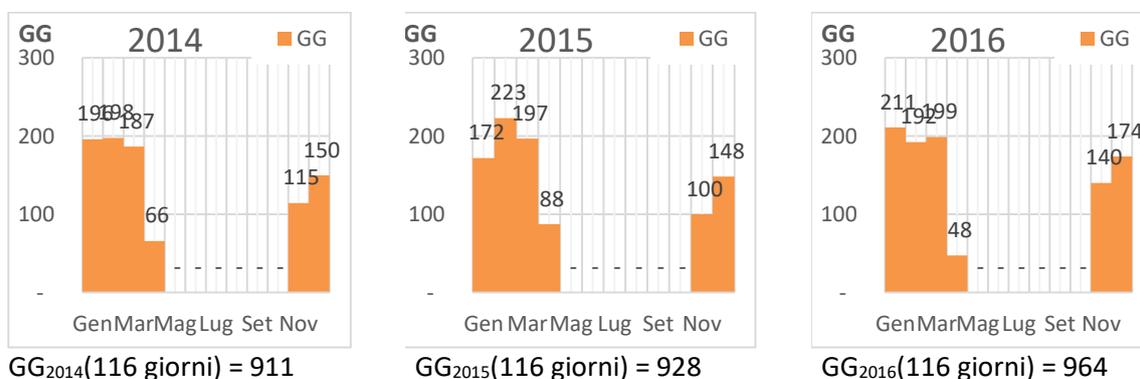


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 911, 928 e 964 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento, riferiti rispettivamente agli anni 2014, 2015 e 2016.

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  $GG_{real}$  ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è caratterizzato dalla presenza di muratura piena portante di spessori variabili a seconda dei piani (sp=47-70cm). Gli orizzontamenti in corrispondenza degli interrati sono voltati mentre nei piani superiori sono in latero-cemento (coperture piane) ed in parte solai in legno con rinforzi in acciaio disperdenti verso sottotetto non riscaldato.

Le coperture orizzontali della palestra e di parte della scuola non risultano isolate; si ritiene che anche a causa della S/V del fabbricato e del suo sviluppo architettonico, possano garantire buoni margini di risparmio energetico se efficientate correttamente.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che trattandosi di un edificio di valenza storica ma non vincolato sarebbe opportuno efficientare sia l'involucro opaco verticale sia quello orizzontale.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro dei piani inferiori



Figura 4.2 - Particolare della copertura vista dal sottotetto non riscaldato



In base al periodo di costruzione si è potuto definire con approssimabile certezza la tecnologia costruttiva dell'edificio. Essendo in muratura portante ed in pietra locale si evidenzia come la valutazione termografica possa essere considerata poco efficace ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco. Difatti il comportamento termico è omogeneo per tutta la superficie, dovuto a spessori murali importanti e costanti per ogni piano che non consentono di evidenziare disomogeneità termiche puntuali. Pertanto per la determinazione della trasmittanza termica si è fatto riferimento alla UNI/TR 11552:2014 “Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici. Parametri termofisici”.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/mqK]	
Parete verticale	M1	70,0	Assente	0,976	Sufficiente
	M2	47,0	Assente	1,350	Sufficiente
	M3	63,0	Assente	1,066	Sufficiente
	M4	47,0	Assente	1,350	Sufficiente
	M5	55,0	Assente	1,191	Sufficiente
	M6	70,0	Assente	0,976	Sufficiente
	M7	70,0	Assente	0,402	Sufficiente
	M8	48,0	Assente	1,328	Sufficiente
	M9	30,0	Assente	1,883	Sufficiente
	M10	48,0	Assente	1,328	Sufficiente
	M11	22,0	Assente	2,314	Sufficiente
	M12	27,0	Assente	2,024	Sufficiente
	M13	38,0	Assente	1,588	Sufficiente
	M14	51,0	Assente	1,952	Sufficiente
	M15	70,0	Assente	0,897	Sufficiente
Pavimento	P1	51,0	Assente	0,296	Sufficiente
	P2	51,0	Assente	0,288	Sufficiente
	P3	38,0	Assente	1,305	Sufficiente
Copertura	S1	30,2	Assente	1,533	Sufficiente
	S2	30,2	Assente	1,533	Sufficiente
	S3	12,2	Assente	1,073	Sufficiente
	S5	30,0	Assente	1,427	Sufficiente

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

Gli infissi dell’edificio sono quasi totalmente in legno con vetro singolo in pessime condizioni; il sopralluogo ha evidenziato una scarsa tenuta alle infiltrazioni di umidità essendo essi alquanto datati ed usurati dall’utilizzo. Gli unici infissi più recenti si trovano nella palestra di pertinenza della scuola e sono costituiti da telaio in PVC e doppio vetro.

L’edificio presenta elevate perdite per trasmissione non avendo un involucro termico isolato, si ritiene che le dispersioni dovute alla scarsa tenuta dei serramenti incidano notevolmente sul fabbisogno complessivo del fabbricato.

Figura 4.3 - Particolare dei serramenti dei wc dei piani superiori



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 dettagliato di tutti i telai dei serramenti dell’edificio
- Misurazione diretta degli spessori dei vetri dei serramenti mediante misuratore laser (spessivetro) utilizzato in sede di sopralluoghi
- Inefficacia alla realizzazione dell’indagine termografica, così come descritto nel paragrafo dell’involucro opaco.

Figura 4.4 – Rilievo dei serramenti attraverso misurazione diretta delle superfici vetrate e dei telai



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 [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W1	151x264	Legno	Vetro singolo	4,497	Buono
Serramento verticale	W2	162x257	Legno	Vetro singolo	4,111	Scarso

Serramento verticale	W3	157X277	Legno	Vetro singolo	4,119	Scarso
Serramento verticale	W4	154X269	Legno	Vetro singolo	4,087	Scarso
Portone opaco	W5	142X344	Legno	opaco	1,600	Buono
Serramento verticale	W8	154x284	Legno	Vetro singolo	4,072	Scarso
Serramento verticale	W9	77x126	Legno	Vetro singolo	3,966	Scarso
Serramento verticale	W10	77x126	Legno	Vetro singolo	3,564	Scarso
Portone opaco	W11	179x390	Legno	opaco	1,600	Buono
Serramento verticale	W12	142x255	Legno	Vetro singolo	4,403	Scarso
Serramento verticale	W13	156x253	Legno	Vetro singolo	4,126	Scarso
Serramento verticale	W14	154x282	Legno	Vetro singolo	4,515	Scarso
Serramento verticale	W15	225x86	Legno	Vetro singolo	4,391	Scarso
Serramento verticale	W16	240x86	Legno	Vetro singolo	4,416	Scarso
Serramento verticale	W17	156x121	Legno	Vetro singolo	3,545	Scarso
Serramento verticale	W18	146x127	Legno	Vetro singolo	3,541	Scarso
Serramento verticale	W19	245x190	Legno	Vetro singolo	4,230	Scarso
Serramento verticale	W20	116x181	Legno	Vetro singolo	4,492	Scarso
Serramento verticale	W21	168x145	Legno	Vetro singolo	4,211	Scarso
Serramento verticale	W80	135x144	Legno	Vetro singolo	4,233	Scarso
Serramento verticale	W81	157x135	Legno	Vetro singolo	3,933	Scarso
Serramento verticale	W82	71x134	Legno	Vetro singolo	2,418	Scarso
Serramento verticale	W83	154x50	PVC	Vetro singolo	2,410	Buono
Serramento verticale	W84	145x50	PVC	Vetro singolo	3,857	Buono
Serramento verticale	W85	140x50	Legno	Vetro singolo	3,825	Scarso
Serramento verticale	W86	122x52	Legno	Vetro singolo	4,228	Scarso
Serramento verticale	W87	181x81	Legno	Vetro singolo	4,550	Scarso
Serramento verticale	W88	443x100	Legno	Vetro singolo	4,285	Scarso
Serramento verticale	W89	149x96	Legno	Vetro singolo	4,432	Scarso
Serramento verticale	W90	151x212	Legno	Vetro singolo	3,954	Scarso
Serramento verticale	W91	151x283	Legno	Vetro singolo	2,650	Scarso
Serramento verticale	W100	135x201	PVC	Vetro doppio	2,686	Buono
Serramento verticale	W101	135x201	PVC	Vetro doppio	1,617	Buono
Porta opaca	W102	128x235	Alluminio	opaco	4,111	Buono
Serramento verticale	W200	162x257	Legno	Vetro singolo	4,497	Scarso

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

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia di tipo tradizionale, alimentata a metano ed asservita alla climatizzazione invernale dell'intero edificio.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalle seguenti tipologie di terminali:

Figura 4.5 - Particolare [dei radiatori installati sulle pareti esterne dell'edificio]

- Radiatori su parete esterna non isolata;

Durante il sopralluogo si sono rilevati n°72 radiatori funzionanti per una potenza nominale complessiva pari a 125,1 kW.

I radiatori risultano inoltre sprovvisti di valvole termostatiche.



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 elementare “Da Verazzano e scuola media “Durazzo”	Radiatori a parete	90%

Nota (6): La potenza termica di ciascun terminale è stata ottenuta secondo le disposizioni della norma EN 442-2, considerando un deltaT pari a 50 °C.

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Interrato	Radiatore a parete	19	2	38	-	-
Terra	Radiatore a parete	23	1,6	36,8	-	-
Primo	Radiatore a parete	15	1,45	21,8	-	-
Secondo	Radiatore a parete	15	1,9	28,5	-	-
<b>TOTALE</b>		<b>72</b>	<b>1,7</b>	<b>125,1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

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

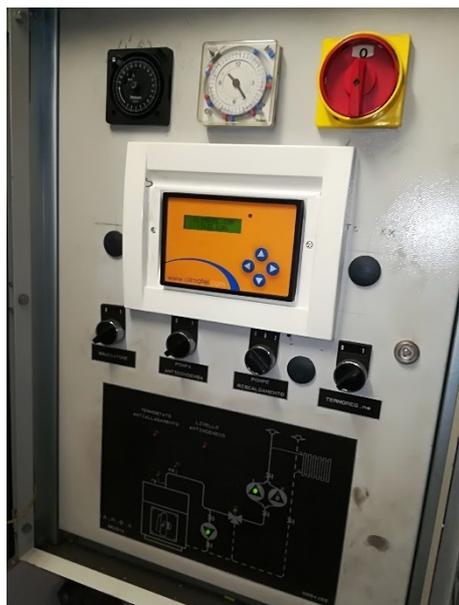
#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell’impianto termico avviene attraverso l’impostazione degli orari di funzionamento e della curva climatica. La temperatura massima di mandata del sottosistema di generazione è fissata a 70°C.

Non sono state rilevate valvole termostatiche installate ai terminali di emissione né termostati ambiente asserviti alla regolazione dell’impianto termico.

Figura 4.6 - Particolare del pannello di controllo di dell’impianto termico

Figura 4.7 – Sistema di controllo della temperatura di mandata dell’impianto di generazione



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola elementare “Da Verazzano e scuola media “Durazzo”	Climatica	96%

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il sistema di generazione ed i terminali di emissione (fluido termovettore acqua);
- 2) Pompa di circolazione gemellare asservita al circuito di mandata;

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(7)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(7)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(8)</sup> [kW]
Caldaia Elettropompa gemellare Grundfos UPSD50-120 F	mandata acqua calda a terminali di emissione	32	118	0,72
<b>TOTALE</b>		<b>32</b>	<b>118</b>	<b>0,72</b>

Nota ( 7): Valori ricavati da dati di targa

Nota (8): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

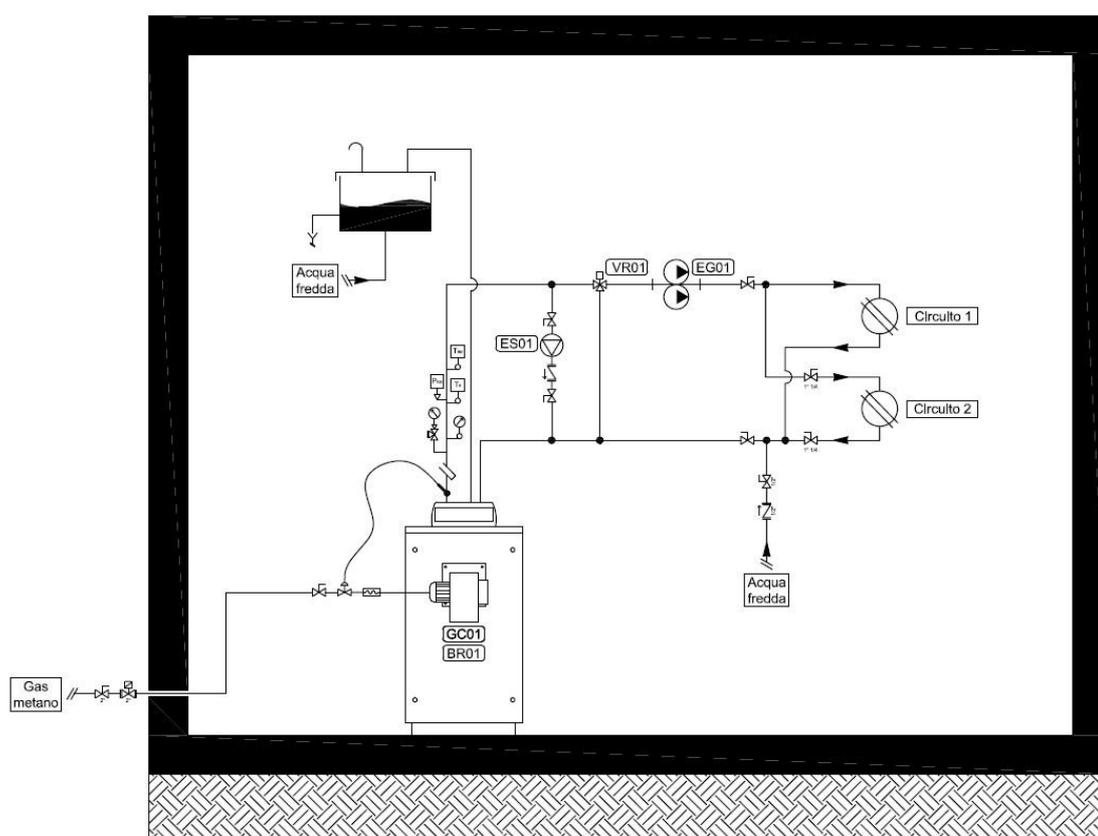
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(9)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Caldaia	Mandata	Caldo	66	64
	Ritorno	Caldo	55	50

Nota (9): Valori rilevati il giorno 18/12/2017 alle ore 14.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 10°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare un effettivo riscontro tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 171-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione pari al 94% è stato calcolato tramite la norma UNI TS 11300-2.

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di un'unica caldaia di tipo tradizionale, alimentata a metano, di produzione Unical modello P190 con bruciatore bistadio Riello Gulliver BS4D.

Figura 4.9 - Particolare della caldaia Unical P190



Figura 4.10 - Particolare del bruciatore Riello Gulliver BS4D



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella tabella seguente

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Gen	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE <sup>(10)</sup>	POTENZA TERMICA UTILE <sup>(10)</sup>	RENDIMENTO <sup>(11)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA <sup>(10)</sup>
					[kW]	[kW]		[kW]
1	Riscaldamento	Unical	P190	1998	210	190	92%	0.14

Nota (10): Valore ricavato tramite letture dei dati di targa rilevati in sede di sopralluogo

Nota (11): il valore riportato nella prova fumi dell'impianto risulta superiore a quello calcolato attraverso il modello energetico dell'edificio. Tale scostamento tra i valori di rendimento è dovuto alle differenti condizioni ambientali in cui è stata effettuata la prova fumi rispetto a quelle di calcolo del modello

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato calcolato nella DE tramite UNI TS 11300-2 ed è pari al 80.9%.

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

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

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

Figura 4.11 - Particolare del boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

La produzione è eseguita tramite un bollitore elettrico ad accumulo installato all'interno del locale adibito a sala medica.



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

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

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	92.6%	[-]	[-]	38.5%	35.6%

Nota (12) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

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

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

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali PC, stampanti ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Aule PT	PC	11	65	715	412
Aule PT	Stampante	1	1130	1130	618
Aule PT	LIM	1	309	309	1030
Aule P1	LIM	2	309	618	1030
Aule P1	Stampante	2	1130	2260	618
Aule P2	LIM	2	309	618	1030
Aule P2	Stampante	1	1030	1030	723
Aule P2	PC	1	65	65	1446

L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

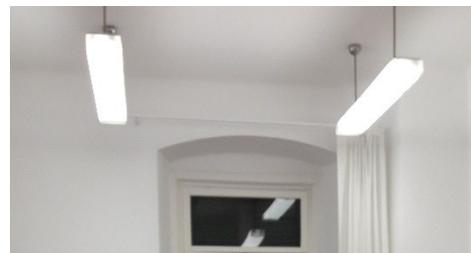
#### 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon e lampade ad incandescenza in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, aule, uffici e servizi igienici;
- Lampade ad incandescenza installate lungo le pareti perimetrali della palestra;

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Palestra	Lampada ad incandescenza	6	60	360
Spogliatoio 1ss	Neon	2	36	72
Aula 1ss	Neon	4	36	144
Servizi 1ss	Neon	1	18	18
	Neon	2	36	72
Magazzini 1	Neon	6	36	216
Magazzini 2	Neon	3	36	108
Magazzini 3	Neon	2	36	72
Corridoio 1ss	Neon	5	18	90
Aule PT	Neon	56	18	1008
	Neon	38	36	1368
Refettorio	Neon	16	36	576
Corridoio PT	Neon	8	36	288
WC PT	Neon	2	36	72
Scale SX	Neon	5	36	180
Scale DX	Neon	5	36	180
Aule P1	Neon	60	36	2160
Corridoio P1	Neon	8	36	288
WC M	Neon	3	36	108
WC F	Neon	3	36	108
Aule P2	Neon	60	36	2160
Corridoio P2	Neon	8	36	288
WC P2	Neon	5	36	180

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.

Durante la fase di sopralluogo si è provveduto a rilevare anche lo stato di conservazione dei corpi illuminanti, che si presentano in buone condizioni e funzionanti ad eccezione di una lampada neon installata a soffitto nel corridoio del piano interrato.

Si è inoltre verificata la presenza di luci di emergenza nei diversi locali della struttura.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella zona di circolazione interna



Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra



## 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:

- Gasolio;
- Gas metano;
- Energia elettrica.

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è attualmente il Gas Metano, mentre fino al 2014 la centrale termica risultava alimentata a Gasolio.

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

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

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

Nota (13) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio del seguente utilizzo:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della scuola;

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [t]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270050357089	Riscaldamento	9.847	6.030	13.506	99.351	56.800	127.227

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione alla PA, si è provveduto a ricostruire i consumi mensili.

I consumi ricostruiti nelle modalità indicate dalla stazione appaltante sono riportati nella Tabella 5.3.

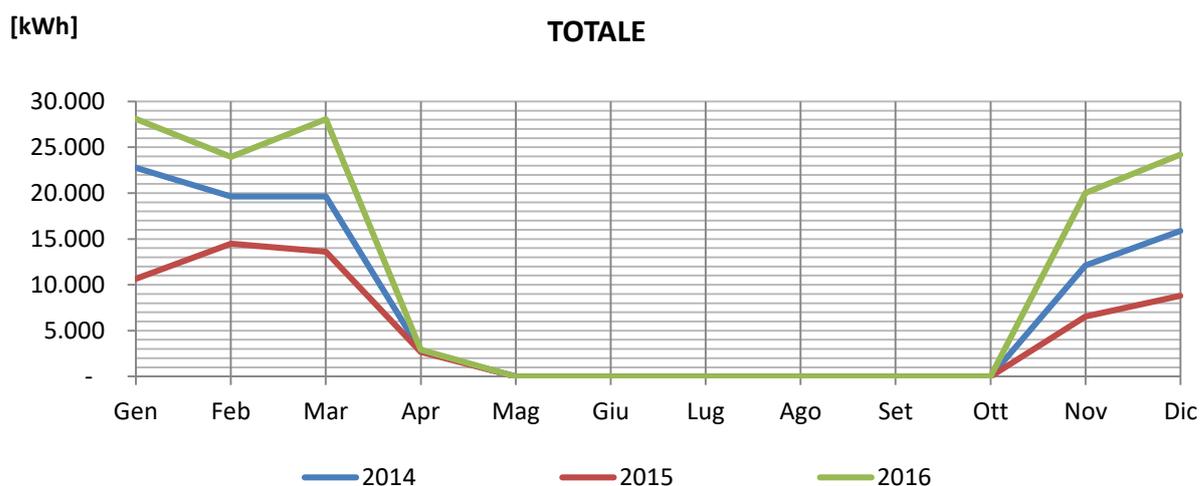
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento –

PDR: 03270050357089	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[lt]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.416	1.129	2.982	24.373	10.637	28.094
Febbraio	2.085	1.539	2.542	21.038	14.495	23.941
Marzo	2.085	1.447	2.980	21.035	13.626	28.072
Aprile	294	285	311	2.965	2.682	2.932
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	1.284	696	2.124	12.956	6.554	20.006
Dicembre	1.684	935	2.567	16.989	8.809	24.181
Totale	9.847	6.030	13.506	99.356	56.803	127.227

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m<sup>3</sup> di gas rilevati dalla società di distribuzione in quanto la PA ha stipulato un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Il consumo disponibile è di tipo annuale e non è stato quindi possibile effettuare un'analisi puntuale mensile dei consumi, ma come specificato dalla stazione appaltante “tali consumi dovranno essere riportati tra le varie mensilità in funzione dell'effettivo funzionamento stagionale degli impianti e dei Gradi Giorno reali”.

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Confrontando l'andamento dei consumi con i GG<sub>real</sub> del triennio di riferimento si può notare che si ha un comportamento proporzionale a quella che è la variazione di temperatura rilevata negli anni di analisi (la struttura del calcolo si basa sulla loro variazione nei mesi della stagione termica). Non

risulta essere però molto significativo in termini di reale consumo non essendo disponibili le fatturazioni.

Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 285 smc, e un valore di massimo prelievo 2.980 smc. Tali consumi non sono però “reali” ma sono ricostruiti secondo le indicazioni dalla PA perché derivano dalle segnalazioni dei soggetti terzi che detengono la conduzione e manutenzione dell’impianto. Risulta però evidente che nell’anno 2016 il consumo è stato di gran lunga superiore all’anno precedente. Nel 2014 si è fatto solo l’uso del gasolio.

Confrontando l’andamento dei consumi con i  $GG_{real}$  del triennio di riferimento si può notare che si ha un comportamento proporzionale a quella che è la variazione di temperatura rilevata negli anni di analisi ed anche in base alla stagione di riscaldamento. Non risulta essere però molto significativo in termini di reale consumo non essendo disponibili le fatturazioni.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo coincide con il consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, asservita esclusivamente alla climatizzazione invernale dell’edificio.

E’ ora 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. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un boiler elettrico dedicato, pertanto non concorrono nel calcolo della baseline dei consumi termici;

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto la centrale termica non è asservita ad altri usi, oltre il riscaldamento della struttura, pertanto non concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici;

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REALI</sub> SU 116 GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU 116 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A 989 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	911	988		99.457	109,2	107.863	[-]	[-]
2015	928	988	6.030	56.819	61,3	60.505	[-]	[-]
2016	964	988	13.506	127.263	132,0	130.414	[-]	[-]
<b>Media</b>	<b>934</b>	<b>988</b>	<b>9.768</b>	<b>94.513</b>	<b>101,2</b>	<b>99.944</b>	[-]	[-]

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni 2014 e 2016 risulta essere omogeneo tra le due annualità e coerente con le temperature esterne medie mensili rilevate.

L'anno 2015 mostra, invece, un consumo inferiore rispetto alle altre annualità considerate probabilmente a causa della chiusura parziale dell'edificio interessato da lavori di ristrutturazione e riqualificazione.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.5:

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{Q}_{ACS}$	-
$\bar{Q}_{ALTRO}$	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	99.944
$Q_{baseline}$	<b>99.944</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio del seguente utilizzo:

- Scuola elementare “Verrazzano”;
- Scuola media “Durazzo”

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096591	Scuola elementare	25.828	24.668	24.536	25.011
<b>TOTALE</b>		<b>25.828</b>	<b>24.668</b>	<b>24.536</b>	<b>25.011</b>

[Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX\_rev10) e sono emerse le seguenti differenze:

2014 : 27.438 kWh (-6%)  
 2015 : 26.698 kWh (-8%)  
 2016 : 26.871 kWh (-10%)  
 Media : 27.002 kWh (-8%)

I consumi rilevati da fatturazione sono mediamente più bassi del 8% rispetto quelli dichiarati dalla PA. In questi consumi sono stati presi in considerazione i conguagli presenti in fatture successive.

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 25.011 kWh, quello rilevato dall'Auditor nella fase di analisi della fatturazione.

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

POD: IT001E00096591	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2014</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1944	413	711	3.068
Febbraio	1827	375	588	2.790
Marzo	1687	351	557	2.595
Aprile	1371	277	545	2.193
Maggio	1259	337	603	2.199
Giugno	865	259	520	1.644
Luglio	371	235	490	1.096
Agosto	255	239	536	1.030
Settembre	1000	306	545	1.851
Ottobre	1472	318	512	2.302
Novembre	1630	325	584	2.539
Dicembre	1526	336	660	2.522
<b>Totale</b>	<b>15.207</b>	<b>3.771</b>	<b>6.851</b>	<b>25.829</b>
POD: IT001E00096591	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2015</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.669	370	671	2.710
Febbraio	1.814	358	564	2.736
Marzo	1.341	286	503	2.130
Aprile	837	222	399	1.458
Maggio	1.258	360	708	2.326
Giugno	809	300	606	1.715
Luglio	341	249	497	1.087
Agosto	315	246	571	1.132
Settembre	863	305	629	1.797
Ottobre	1.488	316	443	2.247
Novembre	1.756	362	609	2.727
Dicembre	1.560	346	697	2.603
<b>Totale</b>	<b>14.051</b>	<b>3.720</b>	<b>6.897</b>	<b>24.668</b>

POD: IT001E00096591	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.710	359	676	2.745
Febbraio	1.900	332	451	2.683
Marzo	1.706	335	570	2.611
Aprile	1.268	278	517	2.063
Maggio	1.445	229	379	2.053
Giugno	832	279	542	1.653
Luglio	195	132	301	628
Agosto	262	182	406	850
Settembre	892	252	440	1.584
Ottobre	1.554	335	535	2.424
Novembre	1.858	331	497	2.686
Dicembre	1.456	387	713	2.556
<b>Totale</b>	<b>15.078</b>	<b>3.431</b>	<b>6.027</b>	<b>24.536</b>

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

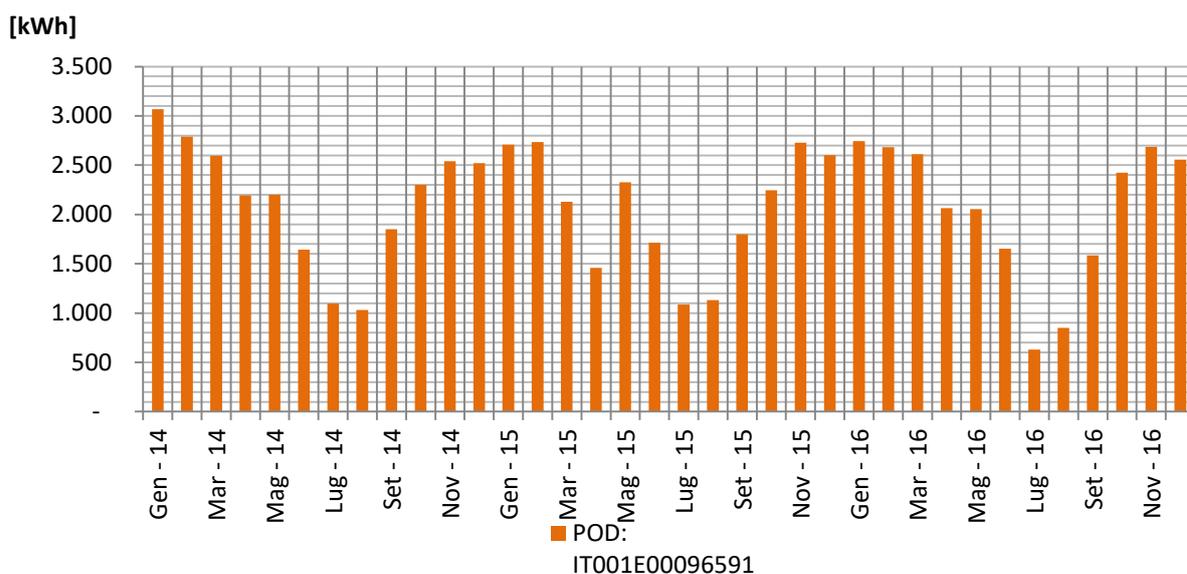
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.774	381	686	2.841
Febbraio	1.847	355	534	2.736
Marzo	1.578	324	543	2.445
Aprile	1.159	259	487	1.905
Maggio	1.321	309	563	2.193
Giugno	835	279	556	1.671
Luglio	302	205	429	937
Agosto	277	222	504	1.004
Settembre	918	288	538	1.744
Ottobre	1.505	323	497	2.324
Novembre	1.748	339	563	2.651
Dicembre	1.514	356	690	2.560
<b>Totale</b>	<b>14.778</b>	<b>3.641</b>	<b>6.592</b>	<b>25.011</b>

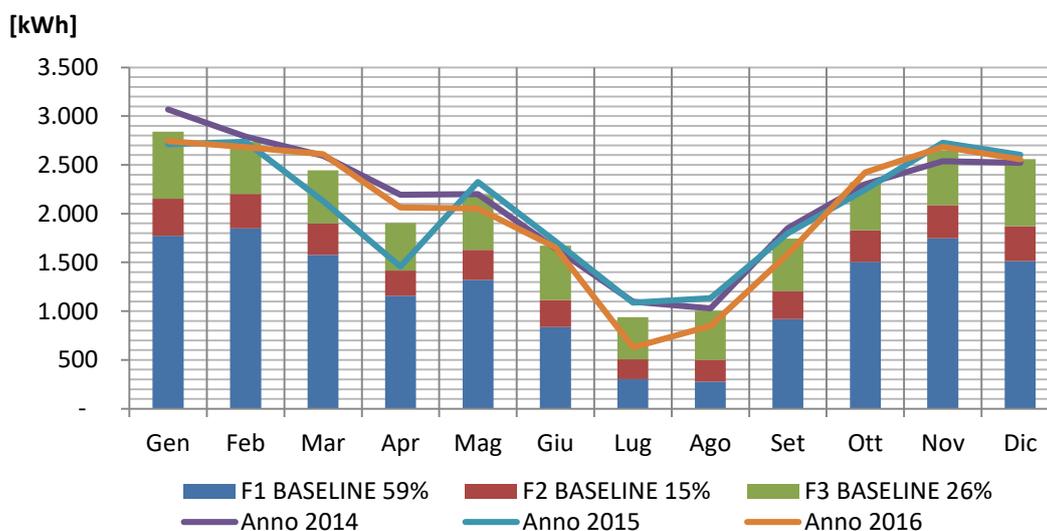
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti di anno in anno. I minimi consumi si hanno nei mesi estivi di luglio ed agosto quando l'attività della scuola è molto ridotta. Tale contributo può essere dovuto all'attività di segreteria e alla presenza di consumi in stand-by delle numerose apparecchiature presenti nella struttura, infatti le porzioni delle fasce orarie in F1, F2 ed E3 sono tra loro comparabili senza che una domini sulle altre così come accade invece negli altri mesi. In quest'ultimo caso il consumo maggiore si ha nella fascia diurna F1 la quale è sempre la componente prevalente.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto il contatore installato nella scuola ha una potenza minore di 55 kW, soglia necessaria per questo tipo di analisi.

Pertanto non è stato possibile analizzare i profili giornalieri rappresentativi nelle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

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

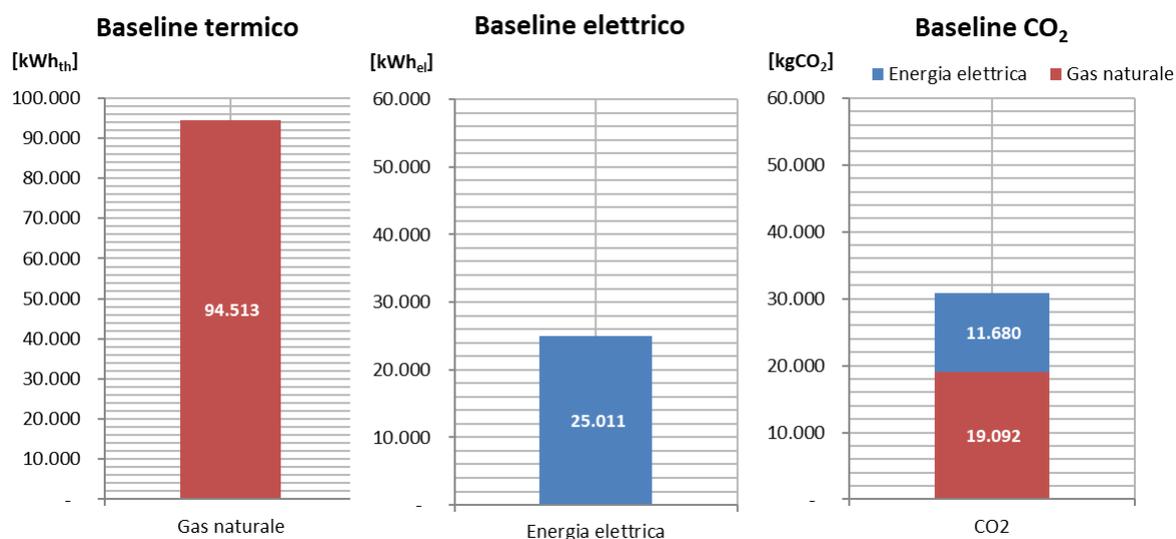
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	tCO <sub>2</sub> /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE		FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]	
Energia elettrica	94.513	0,202	19.092	
Gas naturale	25.011	0,467	11.680	
<b>TOTALE</b>			<b>30.772</b>	

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

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

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

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 1, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.334	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.441	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	8.378	m <sup>3</sup>

Nella Tabella 5.13 e

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	94.513	1,05	99.239	74,4	68,9	11,8	14,31	13,25	2,28
Energia elettrica	25.011	2,42	60.526	45,4	42,0	7,2	8,76	8,11	1,39

<b>TOTALE</b>	<b>159.764</b>	<b>120</b>	<b>111</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>4</b>
---------------	----------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	----------

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m²]	FATTORE 2 [kWh/m²]	FATTORE 3 [kWh/m³]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m²]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m²]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m³]
Gas naturale	94.513	1,05	99.239	74,4	68,9	11,8	14,31	13,25	2,28
Energia elettrica	25.011	1,95	48.771	36,6	33,8	5,8	8,76	8,11	1,39
<b>TOTALE</b>			<b>148.009</b>	<b>111</b>	<b>103</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>4</b>

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

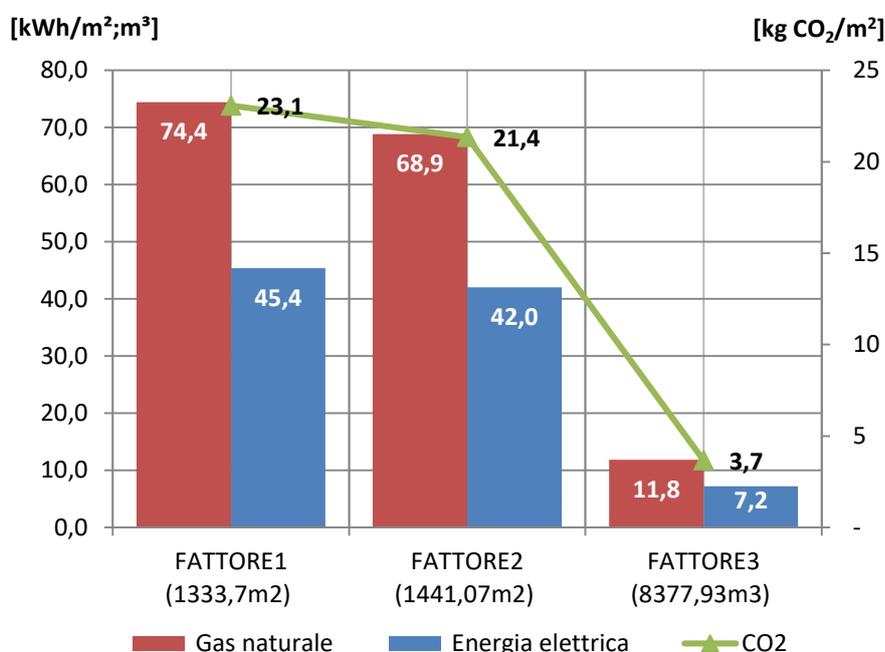
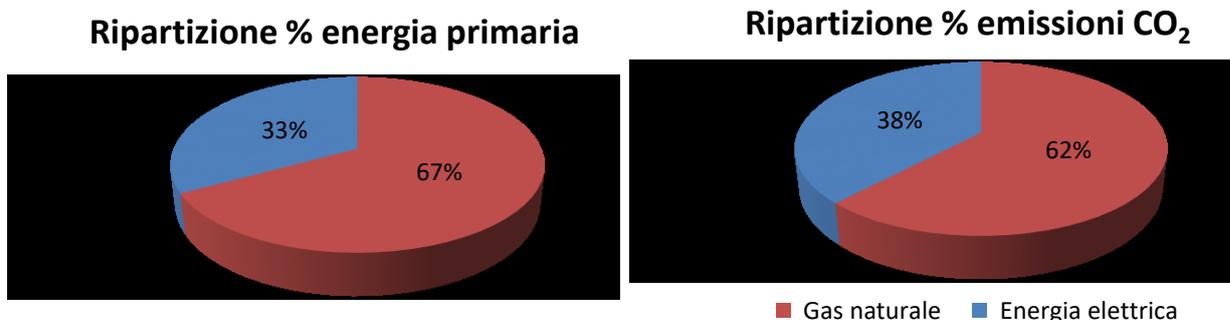


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,85	4,96	10,70	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	16,08	15,64	15,74

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, l'edificio oggetto di analisi risulta essere mediamente nelle classi di merito Buono per il riscaldamento ed Insufficiente per l'energia elettrica.

Si rimanda nell'allegato M il dettaglio riassuntivo di tutti gli indici di performance in condizioni standard ed adattati all'utenza.

## 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 e UNI-TS 11300-4:2016.

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		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, nren}$	182.4	kWh/mq anno	191.1	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	$EP_H$	147.15	kWh/mq anno	147.4	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	0.44	kWh/mq anno	0.55	kWh/mq anno
Ventilazione	$EP_v$	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	$EP_c$	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	$EP_L$	34.78	kWh/mq anno	43.16	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	$CO_{2eq}$	36	Kg/mq anno	38	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	18679	194950
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	24758	48279

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato tramite confronto con la baseline energetica, secondo la presente scala di congruità:

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

Dove:

- $Q_{teorico}$  è il fabbisogno teorico dell’edificio, come calcolato dal software di simulazione, ed è assunto pari a fabbisogno di energia per la combustione ( $Q_{gn,in}$ ) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
- $Q_{baseline}$  è il consumo reale (destagionalizzato nel caso di climatizzazione), dell’edificio, definito dalla baseline energetica.

Tale raffronto deve essere realizzato sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

### 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 l’orario di utilizzo effettivo delle principali utenze elettriche, dell’impianto di illuminazione, dell’impianto termico e gli indici di occupazione reali dell’edificio.

Nella Tabella 6.5 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza”.

Tabella 6.3 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	109,27	kWh/mq anno	117,26	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	$EP_H$	76,65	kWh/mq anno	76,77	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	0,44	kWh/mq anno	0,55	kWh/mq anno
Ventilazione	$EP_v$	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	$EP_c$	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	$EP_l$	32,2	kWh/mq anno	39,9	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	$EP_r$	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	21,4	Kg/mq anno	23	Kg/mq anno

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.4.

Tabella 6.4 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	9729	101542
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	25238	52673

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 6.5 – Validazione del modello energetico termico (valutazione adattata all’utenza)

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
96901	99944	3.1%

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico elettrico (valutazione in modalità adattata all’utenza)

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
25238	25011	0.9%

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

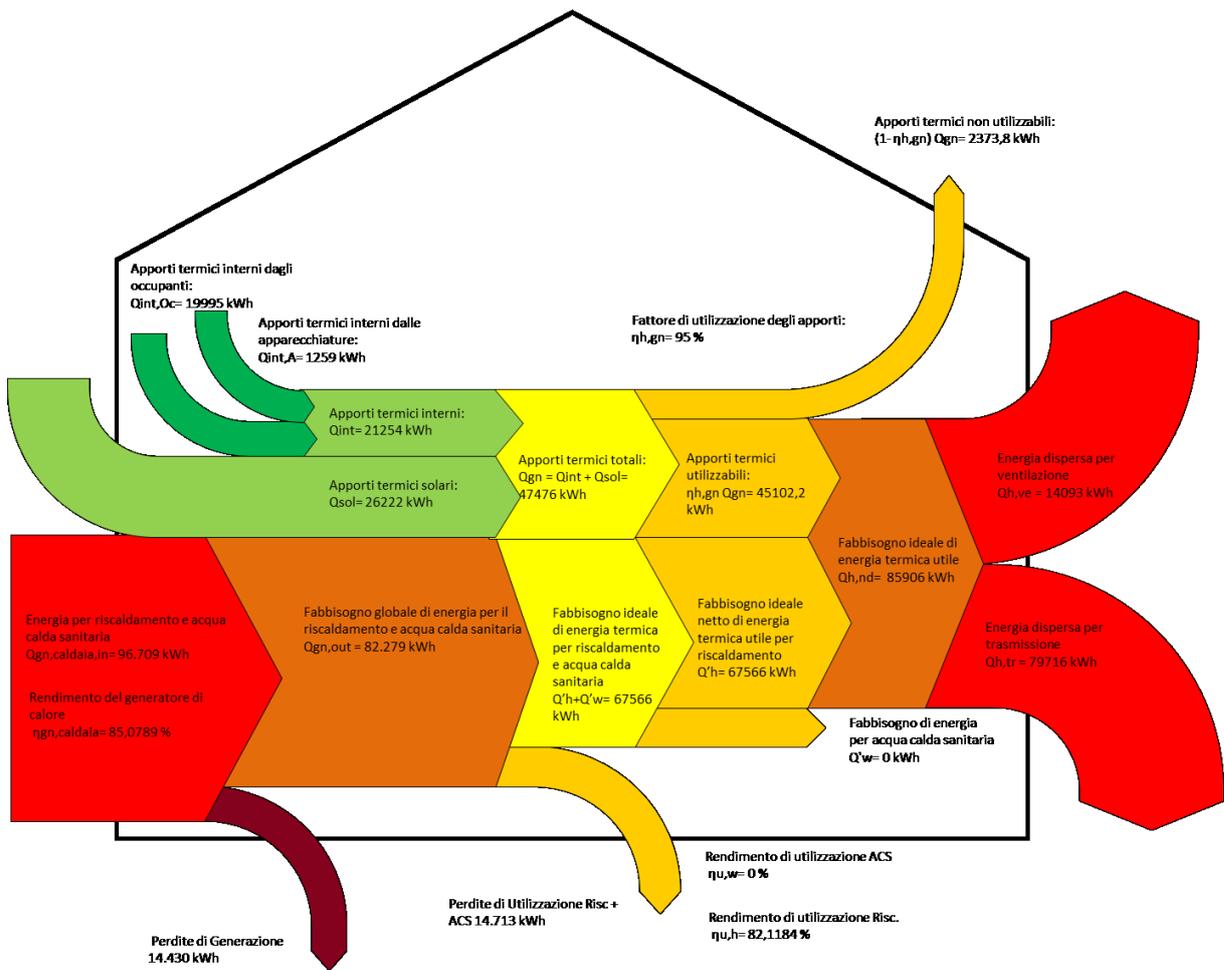
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

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

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

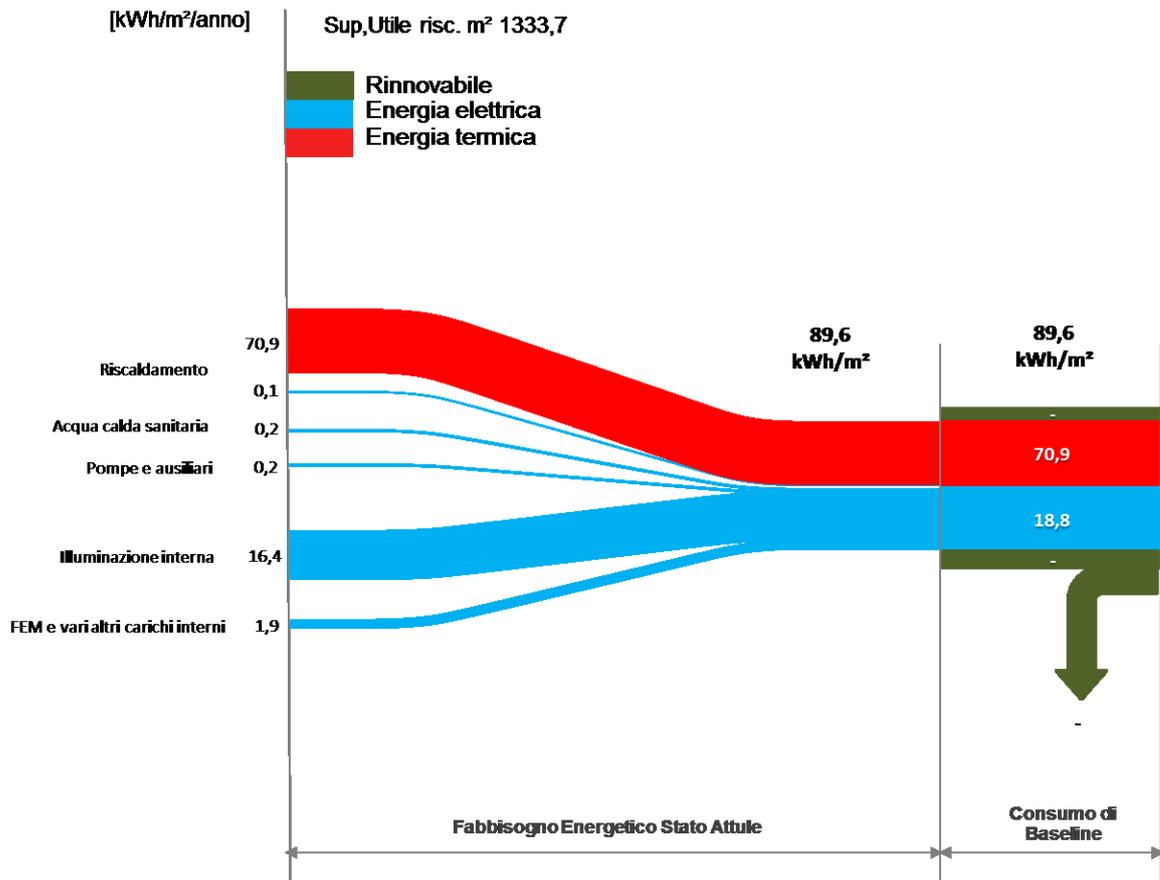
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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

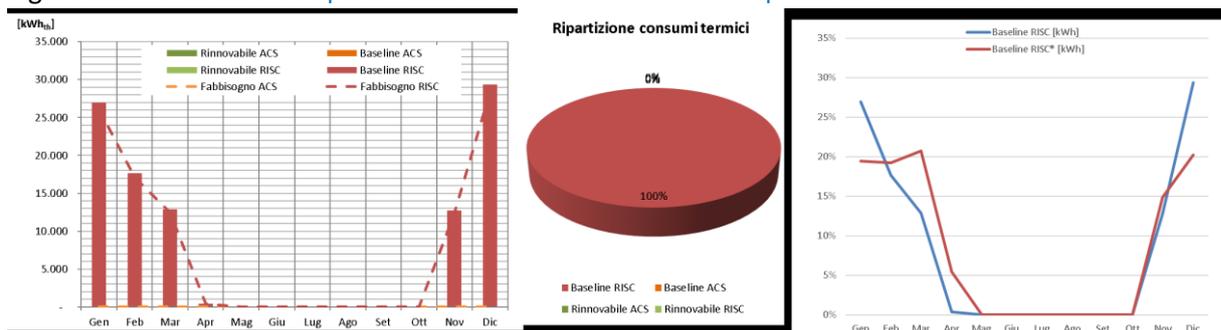


### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione dei diversi utilizzi.

La ripartizione mensile dei fabbisogni energetici termici ricavati dalla modellazione è riportata in Figura 6.3

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

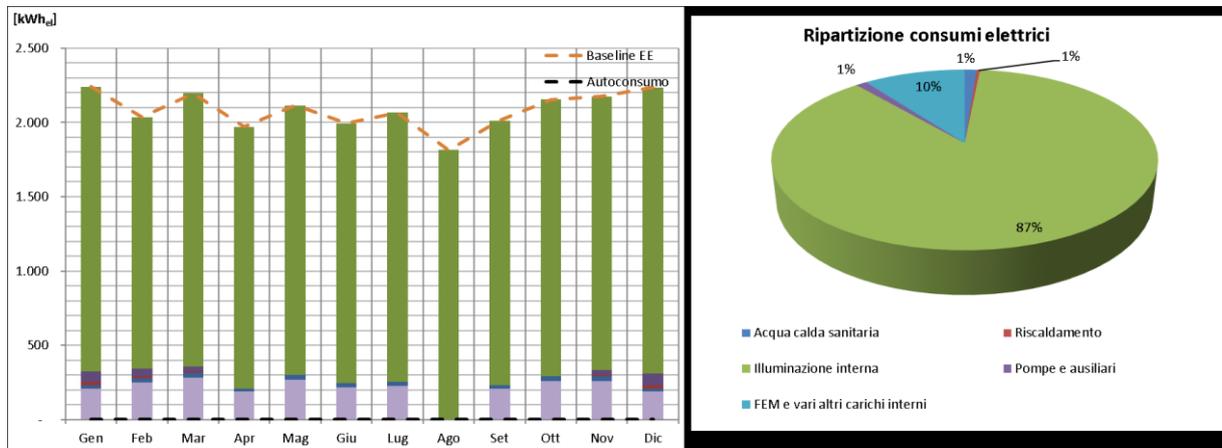


Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi al servizio di climatizzazione invernale dei locali, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti di tale sistema.

Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione termica ed i profili mensili ottenuti tramite la ripartizione dei consumi annuali di Baseline, adibiti al riscaldamento degli ambienti, in funzione dei profili mensili dei GG<sub>rif</sub>.

La ripartizione dei fabbisogni energetici elettrici ricavati dalla modellazione è riportata in Figura 6.4

Figura 6.4 – Andamento stagionale dei consumi elettrici, ripartiti tra le varie utenze, ricavati dalla modellazione



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi al servizio di illuminazione interna dei locali, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare ed efficientare principalmente i componenti di tale sistema.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un contratto per un PDR presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270050357089: 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 ;

Nella tabella Tabella 7.1 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.1 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento

PDR: 3270050357089	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						2.057	24.373	0,084
Febbraio						1.776	21.038	0,084
Marzo						1.775	21.035	0,084
Aprile						250	2.965	0,084
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						1.093	12.956	0,084
Dicembre						1.434	16.989	0,084
<b>Totale</b>	-	-	-	-	-	<b>8.385</b>	<b>99.356</b>	<b>0,084</b>
PDR: 3270050357089	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						950	10.637	0,089
Febbraio						1.294	14.495	0,089
Marzo						1.217	13.626	0,089
Aprile						239	2.682	0,089
Maggio						-	-	-

Giugno	-	-	-					
Luglio	-	-	-					
Agosto	-	-	-					
Settembre	-	-	-					
Ottobre	-	-	-					
Novembre	585	6.554	0,089					
Dicembre	786	8.809	0,089					
<b>Totale</b>	<b>5.071</b>	<b>56.803</b>	<b>0,089</b>					
PDR: 3270050357089	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						2.332	28.094	0,083
Febbraio						1.987	23.941	0,083
Marzo						2.330	28.072	0,083
Aprile						243	2.932	0,083
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						1.661	20.006	0,083
Dicembre						2.007	24.181	0,083
<b>Totale</b>						<b>10.562</b>	<b>127.227</b>	<b>0,083</b>

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 dal file gas-MTutela\_Rev02, implementato sul file Grafici\_Template.

Nel grafico in

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

è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEESI.

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

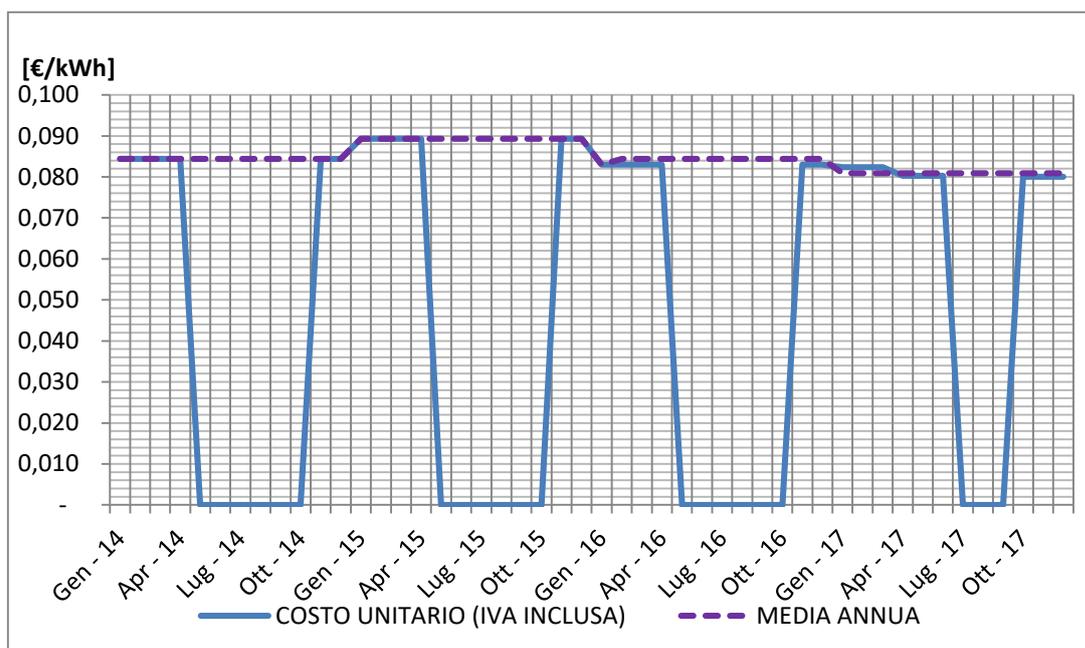
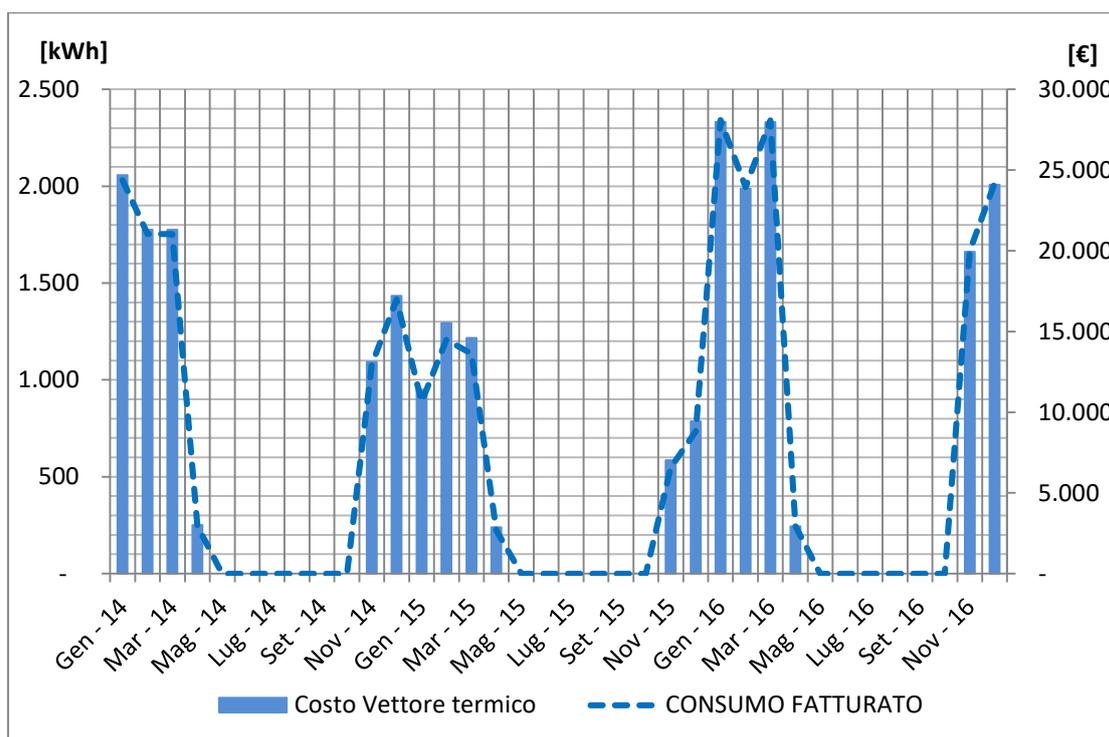


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è oscillante con picchi nei mesi della stagione di riscaldamento, essendo questa l’unica componente. Come già detto tale consumo non è reale ma è ricostruito secondo le indicazioni della PA e riportati tra le varie mensilità in funzione dell’effettivo funzionamento stagionale e dei GG reali. Anche il costo medio è stato fornito dall’elaborazione dei fogli di calcolo disponibili.

### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite il POD presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00096591: 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 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096591	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Angelo Gianelli, 49 Genova (GE)	Via Angelo Gianelli, 49 Genova (GE)	Via Angelo Gianelli, 49 Genova (GE)
Società di fornitura	Edison Energia S.p.A	Gaia S.p.A	Enel Distribuzione S.p.A
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	01/04/2016	-
Potenza elettrica impegnata	27 kW	27 kW	27 kW
Potenza elettrica disponibile	27 kW	27 kW	27 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi della fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup> [€/kWh]	0,093	0,070	0,086

Nota (14) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (15): 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 il fornitore del vettore energetico è stato cambiato per ogni anno del triennio di riferimento cambiando a sua volta il prezzo tariffario medio. Le caratteristiche principali della fornitura rimangono le stesse (bassa tensione in tariffa trioraria)

Nella Tabella 7.3 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00096591	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	171	28	237	30	47	517	2.398	0,216
Febbraio	215	36	269	35	56	762	3.460	0,220
Marzo	200	34	252	32	52	570	2.595	0,219
Aprile	167	38	225	27	46	504	2.193	0,230
Maggio	165	38	222	27	45	497	2.199	0,226
Giugno	122	28	178	21	35	383	1.644	0,233
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-

## E41 – Scuola Elementare “Da Verrazzano” e Scuola Media “Durazzo”

Agosto	71	16	105	13	21	226	1.030	0,220
Settembre	137	30	192	23	38	420	1.851	0,227
Ottobre	174	34	233	29	47	516	2.302	0,224
Novembre	189	37	254	32	51	564	2.539	0,222
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>1.611</b>	<b>320</b>	<b>2.168</b>	<b>269</b>	<b>437</b>	<b>4.959</b>	<b>22.211</b>	<b>0,223</b>
<b>POD: IT001E00096591</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Anno 2015</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gennaio	371	72	514	65	113	1.125	5.232	0,215
Febbraio	184	37	261	34	52	567	2.736	0,207
Marzo	174	36	256	34	50	550	2.711	0,203
Aprile	69	18	180	18	29	314	1.458	0,215
Maggio	73	20	192	20	30	335	1.609	0,208
Giugno	71	20	193	20	30	334	1.619	0,206
Luglio	85	-	167	20	27	299	1.576	0,190
Agosto	110	-	157	25	29	321	1.996	0,161
Settembre	65	-	122	16	20	223	1.257	0,178
Ottobre	68	20	217	22	33	359	1.789	0,201
Novembre	92	-	232	28	35	388	2.238	0,173
Dicembre	124	-	284	35	44	488	2.797	0,174
<b>Totale</b>	<b>1.486</b>	<b>223</b>	<b>2.776</b>	<b>204</b>	<b>492</b>	<b>5.305</b>	<b>27.018</b>	<b>0,196</b>
<b>POD: IT001E00096591</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gennaio	92	-	219	25	34	370	2.006	0,184
Febbraio	132	-	289	38	46	505	3.034	0,166
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	225	-	231	51	76	584	4.116	0,142
Giugno	97	-	211	21	33	361	1.653	0,219
Luglio	51	-	131	8	19	209	628	0,332
Agosto	71	-	170	14	26	281	1.122	0,250
Settembre	96	-	185	16	29	324	1.312	0,247
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	237	-	293	34	56	617	2.686	0,230
Dicembre	212	-	283	32	53	579	2.556	0,227
<b>Totale</b>	<b>1.213</b>	<b>-</b>	<b>2.012</b>	<b>239</b>	<b>371</b>	<b>3.829</b>	<b>19.113</b>	<b>0,200</b>

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

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

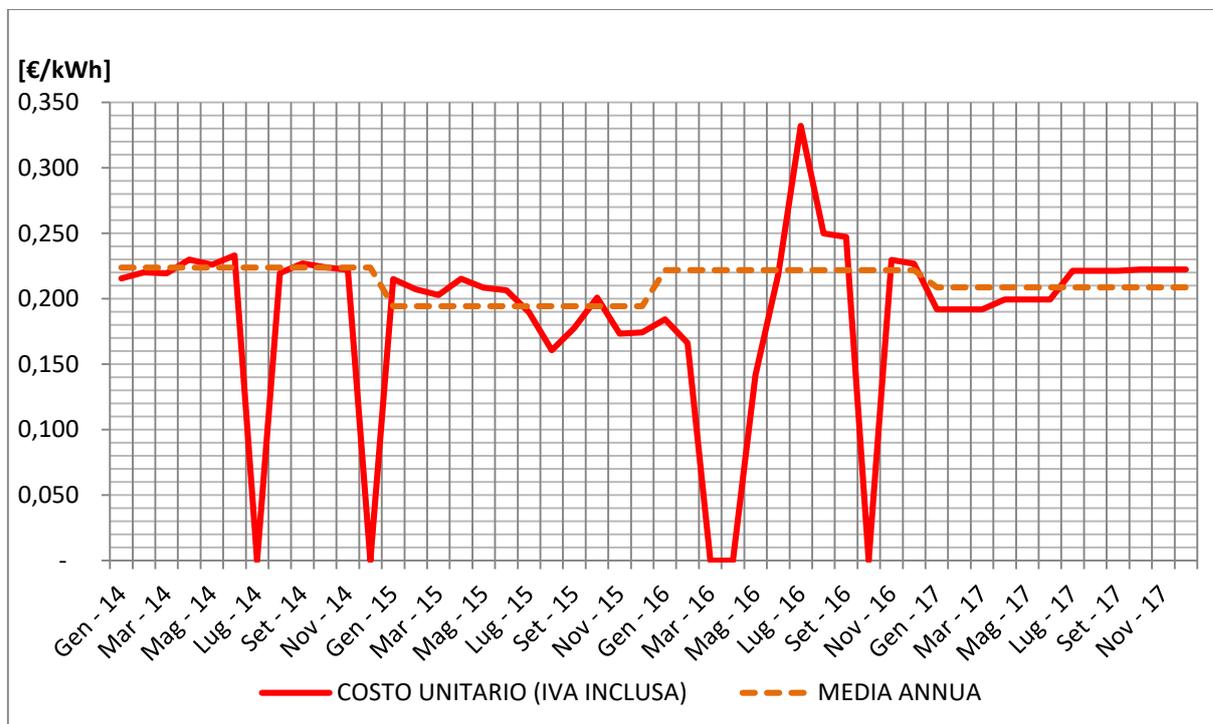
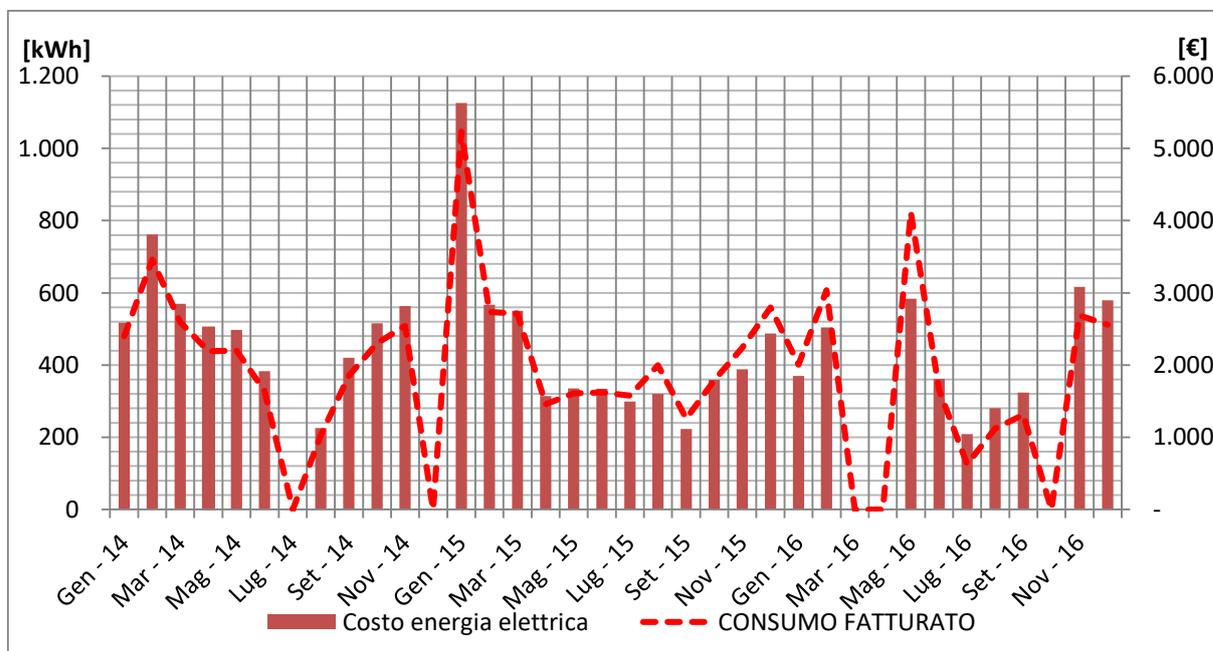


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che per consumo fatturato s’intende quello indicato su ogni bolletta, che potrebbe contenere o meno conguagli anche di altri mesi. I reali consumi mensili (comprensivi dei conguagli posticipati) sono stati presi in considerazione nelle valutazioni energetiche dell’edificio descritte nel Capitolo 5. Nel primo grafico non sono presenti alcuni mesi per

i quali o non erano presenti delle bollette (nel 2014 e 2015) oppure erano bollette bimestrali (piccolo mese Maggio 2016)

## 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 7.4 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	99.356	8.385	0,084	22.211	4.959	0,22	13.344
2015	56.803	5.071	0,0893	27.018	5.305	0,20	10.376
2016	127.227	10.562	0,083	19.113	3.829	0,20	14.391
2017			0,081			0,209	
Media	92.015	7.816	0,085	22.781	4.698	0,21	12.704

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 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>	0,081 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu <sub>EE</sub>	0,209 [€/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:

- L1-042-171: servizio SIE3

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

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

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

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

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.6.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$CM_o$ 5.870	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$CM_s$ 1.560	[€/anno]

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 7.431 € per la quota di manutenzione mentre 15.124 € comprensivo della quota di energia termica.

## 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:

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

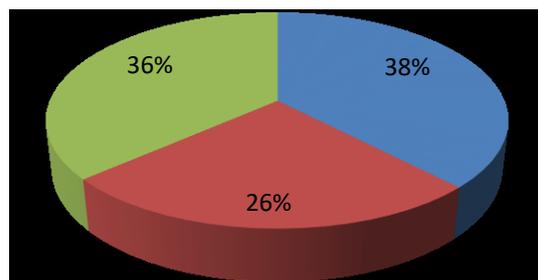
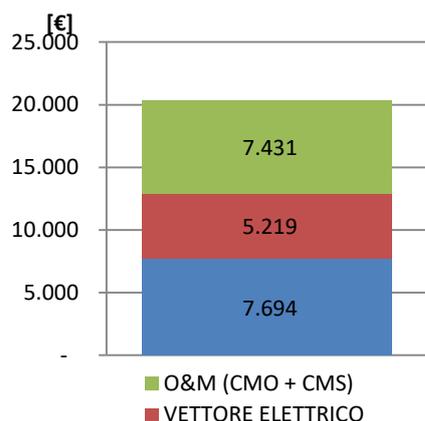
La Baseline dei Costi per il sistema edificio/impianti pre-intervento è pertanto uguale a:

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

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 12.913 € e un  $C_{baseline}$  pari a 20.343 €

Figura 7.5 – Confronto tra i costi medi e di baseline

Figura 7.6 – Ripartizione costi di baseline



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### **EEM1: Coibentazione pareti verticali attraverso la realizzazione del cappotto termico in EPS grigio sp=12cm.**

###### **Generalità**

La misura prevede di coibentare tutte le pareti dell'edificio mediante la posa del cappotto termico in polistirene EPS grigio con grafite (sp=12cm).

L'efficientamento delle pareti consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali della scuola e della palestra di pertinenza.

Figura 8.1 - Particolare della muratura esterna



###### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

Le murature a seguito dei lavori risulteranno efficienti sotto l'aspetto energetico e garantiranno una migliore percezione del comfort ambientale all'interno degli ambienti adiacenti. Il cappotto contribuirà inoltre a garantire un miglioramento dell'estetica del fabbricato che a seguito dell'intervento si presenterà con delle facciate completamente rinnovate.

###### **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 EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

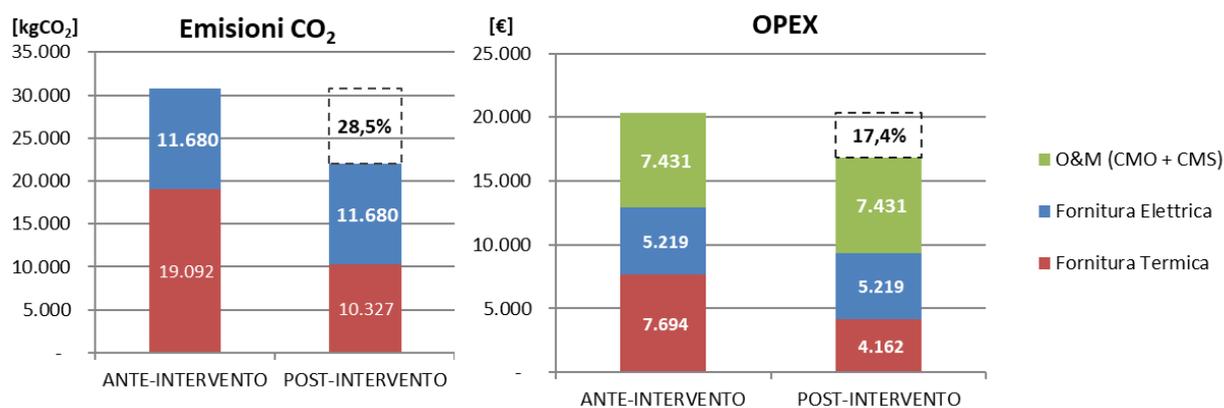
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – coibentazione pareti verticali in EPS grigio

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,21	<b>82,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	96.709	52.311	<b>45,9%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.237	25.237	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	94.513	51.123	<b>45,9%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.011	25.011	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	19.092	10.327	<b>45,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.680	11.680	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.772</b>	<b>22.007</b>	<b>28,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	7.694	4.162	<b>45,9%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.219	5.219	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.913</b>	<b>9.380</b>	<b>27,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.870	5.870	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.560	1.560	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.431</b>	<b>7.431</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>20.343</b>	<b>16.811</b>	<b>17,4%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+2 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e : 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico – rete elettrica –IVA inclusa.

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



## **EEM2: Coibentazione solaio su sottotetto mediante rotoli in lana di vetro sp=20cm**

### **Generalità**

La misura prevede di coibentare il solaio su sottotetto mediante la posa di rotoli di lana di vetro sp=20cm.

L'efficiamento del solaio piano consente di ridurre le dispersioni dell'involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo.

Figura 8.3 - Particolare del solaio



### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

L'orizzontamento a seguito dei lavori risulterà efficiente sotto l'aspetto energetico e garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno degli ambienti adiacenti alla struttura in oggetto.

### **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.

I lavori consistono nella Fornitura e posa in opera dell'isolamento termo-acustico posato sul solaio su sottotetto non riscaldato. L'isolamento è previsto mediante feltri di lana di vetro rivestiti su una faccia con carta kraft incollata con bitume, spessore 200 mm.

Le attività di posa dovranno essere le seguenti:

- Pulire l'estradosso del solaio su sottotetto dalla presenza di oggetti
- Posare sulla struttura portante i rotoli in lana di vetro, lo strato isolante deve essere posato con la superficie rivestita con carta kraft bitumata rivolta verso l'ambiente riscaldato e cioè verso il basso.

### **Prestazioni raggiungibili**

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

Tabella 8.2– Risultati analisi EEM2 – coibentazione sottotetto con rotolo in lana di vetro

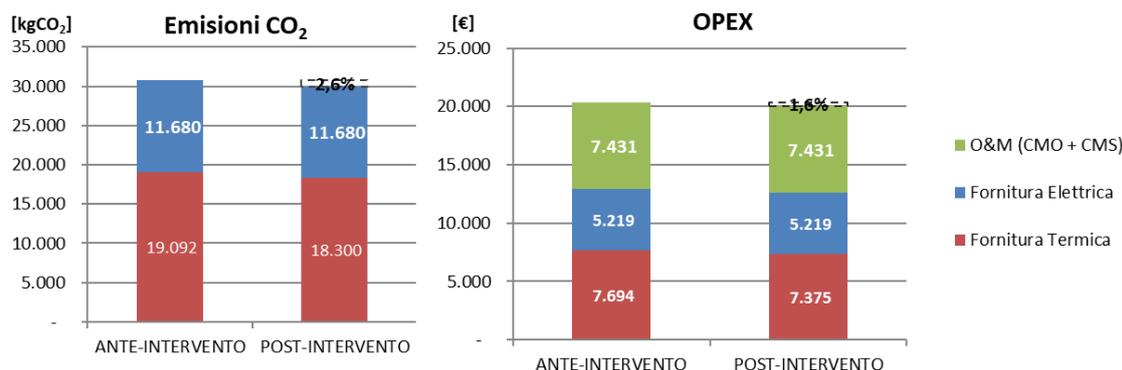
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Trasmittanza termica]	[W/m²K]	1,07	0,169	<b>84,2%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	96.709	92.698	<b>4,1%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.237	25.237	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	94.513	90.593	<b>4,1%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.011	25.011	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	19.092	18.300	<b>4,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.680	11.680	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.772</b>	<b>29.980</b>	<b>2,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	7.694	7.375	<b>4,1%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.219	5.219	<b>0,0%</b>

Fornitura Energia, C <sub>e</sub>	[€]	12.913	12.593	2,5%
C <sub>MO</sub>	[€]	5.870	5.870	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.560	1.560	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	7.431	7.431	0,0%
OPEX	[€]	20.343	20.024	1,6%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e : 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico – rete elettrica –IVA inclusa.

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



### **EEM3: Coibentazione copertura calpestabile con polistirene xps ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm**

#### **Generalità**

La misura prevede di coibentare le coperture piane calpestabili con l’impiego di polistirene XPS ad elevata densità (sp=16cm) e getto di completamento 4cm con finitura finale con guaina impermeabilizzante.

L’efficientamento delle coperture consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell’involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali dell’ultimo livello della scuola e della palestra di pertinenza.

Figura 8.5 - Particolare della copertura



#### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

L’orizzontamento a seguito dei lavori risulterà efficiente sotto l’aspetto energetico e garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all’interno degli ambienti adiacenti alla struttura in oggetto.

#### **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 EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6

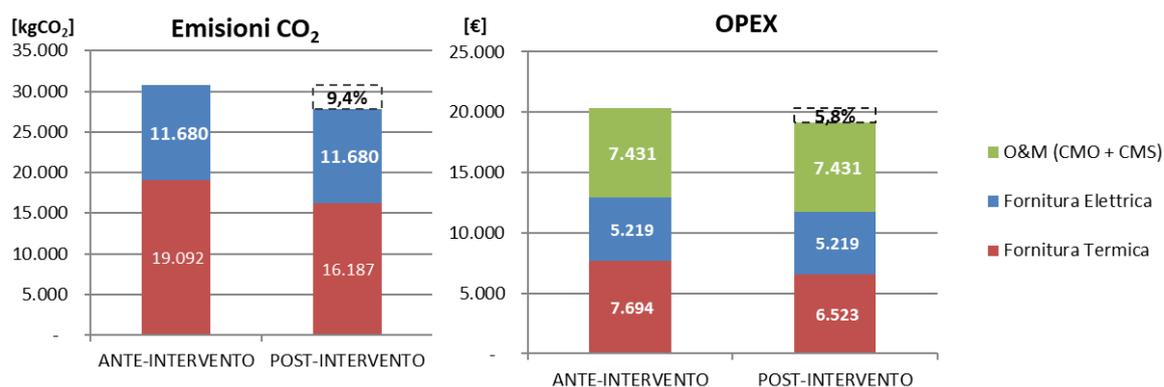
Tabella 8.3– Risultati analisi EEM3 – coibentazione copertura calpestabile con xps

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,43	0,2	<b>86,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	96.709	81.995	<b>15,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.237	25.237	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	94.513	80.133	<b>15,2%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.011	25.011	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	19.092	16.187	<b>15,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.680	11.680	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.772</b>	<b>27.867</b>	<b>9,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	7.694	6.523	<b>15,2%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.219	5.219	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.913</b>	<b>11.742</b>	<b>9,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.870	5.870	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.560	1.560	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.431</b>	<b>7.431</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>20.343</b>	<b>19.173</b>	<b>5,8%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e : 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico – rete elettrica –IVA inclusa.

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



#### **EEM4: Sostituzione infissi esistenti degradati con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .**

##### **Generalità**

Si ipotizza di realizzare una sostituzione dei serramenti esistenti (ad eccezione di quelli già recentemente sostituiti presenti nella palestra) con altri aventi  $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

L'efficientamento delle finestre consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro trasparente, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali della scuola. L'intervento permetterebbe di risolvere il problema delle infiltrazioni di umidità all'interno dell'edificio.

Figura 8.7 - Particolare dei serramenti esistenti



##### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

La sostituzione dei serramenti garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno di tutti i locali della scuola.

##### **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 EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8.

Tabella 8.4– Risultati analisi EEM4 – sostituzione infissi esistenti

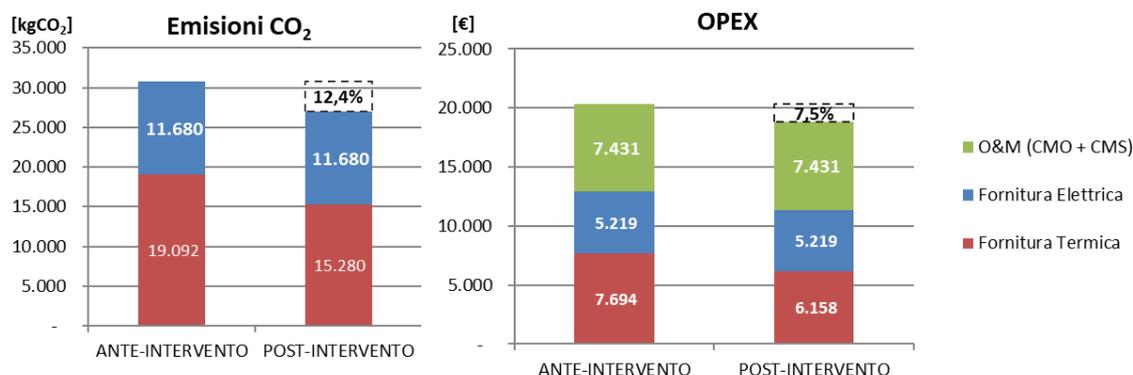
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m <sup>2</sup> K]	3,8	1,66	<b>56,3%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	96.709	77.403	<b>20,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.237	25.237	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	94.513	75.645	<b>20,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.011	25.011	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	19.092	15.280	<b>20,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.680	11.680	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.772</b>	<b>26.960</b>	<b>12,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	7.694	6.158	<b>20,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.219	5.219	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.913</b>	<b>11.377</b>	<b>11,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.870	5.870	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.560	1.560	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.431</b>	<b>7.431</b>	<b>0,0%</b>

OPEX	[€]	20.343	18.807	7,5%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e : 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico – rete elettrica –IVA inclusa.

Figura 8.8 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### EEM7: Efficiamento generatore di calore

##### Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione si può ottenere mediante la sostituzione del generatore attuale, ormai obsoleto, con un generatore più efficiente. Si propone, pertanto, la rimozione dell'attuale caldaia e l'installazione di una caldaia a gas metano a condensazione con elevata efficienza. Nella fase degli scenari tale intervento viene applicato già con misure "to be Lean". In particolar modo le strategie in "to be Clean" così create sono impostate in previsione degli scenari a 15 e 25 anni perché includono nella fase "to be Lean" opportunità d'intervento differenti in funzione dei loro tempi di ritorno. Si è ipotizzata una riduzione del 50% dei costi di manutenzione dovuti alla ridotta necessità di ricorrere alla sostituzione delle componenti su un nuovo generatore ipotizzando anche di usufruire, per i primi anni, della garanzia sul prodotto.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

La sostituzione dell'attuale generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione di pari potenza che permette di ottenere valori di efficienza più elevati, riducendo il consumo di gas metano in ingresso al sottosistema di generazione e ottimizzarne la conversione in energia termica.

La caldaia a gas installata ha una potenza nominale al focolare di 210 kW che risultano sovradimensionati data la volumetria dello stabile ed in base alla diagnosi energetica prodotta. In questa fase viene sostituita con una di pari potenza rimandando negli scenari a 15 e 25 anni l'installazione di un generatore con potenza inferiore, tenendo in considerazione la potenza complessiva dei terminali di emissione e il fattore di ripresa dell'edificio.

##### Descrizione dei lavori

Figura 8.9 - Particolare del generatore di calore attuale

L'intervento proposto prevede le seguenti operazioni:

- smantellamento del vecchio generatore a gas;
- installazione nuovo generatore a condensazione alimentato a gas metano;
- rifacimento tubazioni in centrale termica e coibentazione delle stesse;
- adeguamento impianto di distribuzione gas internamente alla Centrale Termica;
- intubamento della canna fumaria con condotto di evacuazione fumi in pressione;
- Adeguamento quadro elettrico di alimentazione ed impianto interno della centrale termica;



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.10.

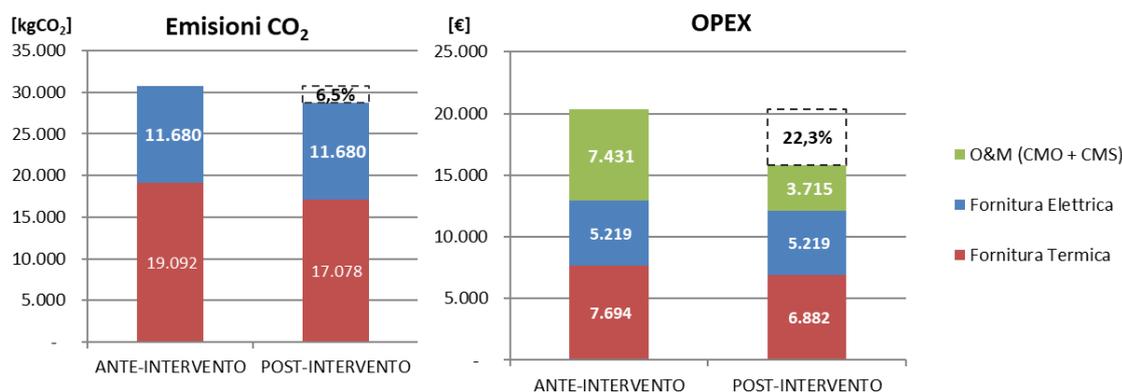
Tabella 8.5– Risultati analisi EEM7 – efficientamento generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM7 [Trasmittanza termica]	[W/m <sup>2</sup> K]			0%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	96.709	86.508	10,5%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.237	25.237	0,0%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	94.513	84.544	10,5%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.011	25.011	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	19.092	17.078	10,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.680	11.680	0,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.772</b>	<b>28.758</b>	<b>6,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	7.694	6.882	10,5%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.219	5.219	0,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.913</b>	<b>12.101</b>	<b>6,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.870	2.935	50,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.560	780	50,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.431</b>	<b>3.715</b>	<b>50,0%</b>
OPEX	[€]	<b>20.343</b>	<b>15.816</b>	<b>22,3%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e : 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico – rete elettrica –IVA inclusa.

Figura 8.10 – EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### EEM5: Efficientamento del sottosistema di regolazione

#### Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di regolazione si può ottenere mediante l'installazione di valvole termostatiche con regolazione PID, in grado definire la temperatura dell'acqua di mandata in base alla temperatura esterna ed alle caratteristiche dell'edificio.

Così facendo si raggiunge la temperatura impostata esattamente nel momento desiderato, riducendo gli sprechi di energia e conseguente discomfort degli utenti.

#### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede l'installazione di comandi cronotermostatici digitali stand alone compatibili con le valvole termostattizzabili già presenti sui terminali di emissione.

Tali dispositivi permettono un controllo puntuale della temperatura interna dei singoli ambienti, garantendo un miglior comfort termico per l'utente e una migliore gestione dell'impianto termico. Si prevede l'installazione di n°75 unità, una per ciascun radiatore presente nei diversi locali dell'edificio.

#### Descrizione dei lavori

L'intervento proposto prevede l'installazione di n°75 cronotermostati digitali stand alone per valvole termostattizzabili.

Figura 8.11 - Particolare del terminale di emissione su cui è prevista l'installazione



#### Prestazioni raggiungibili

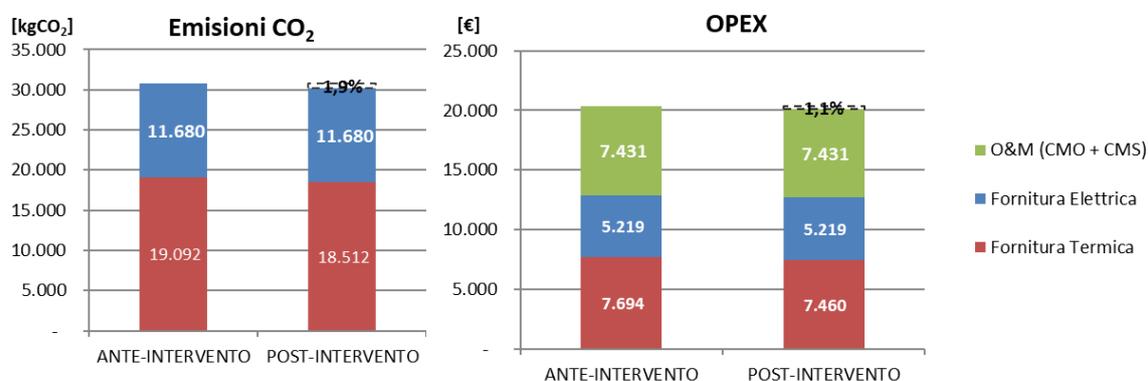
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.6 e nella Figura 8.12.

Tabella 8.6– Risultati analisi EEM5 – efficientamento del sottosistema di regolazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m <sup>2</sup> K]	96	99	-3,1%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	96.709	93.774	3,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.237	25.237	0,0%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	94.513	91.645	3,0%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.011	25.011	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	19.092	18.512	3,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.680	11.680	0,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.772</b>	<b>30.192</b>	<b>1,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	7.694	7.460	3,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.219	5.219	0,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.913</b>	<b>12.679</b>	<b>1,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.870	5.870	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.560	1.560	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	7.431	7.431	0,0%
OPEX	[€]	20.343	20.110	1,1%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e : 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico – rete elettrica –IVA inclusa.

Figura 8.12 – EEM5: 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

#### **EEM6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED e installazione di sistemi di rilevamento presenza**

##### **Generalità**

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema di illuminazione si può ottenere mediante la sostituzione degli attuali corpi illuminanti con un sistema di illuminazione a LED ed installazione di sistemi di rilevamento presenza.

### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'attuale sistema di illuminazione è costituito da tubi al neon con potenza variabile tra i 18 ed i 36 kW e lampade ad incandescenza da 60 kW. Si propone di efficientare tale sistema mediante l'installazione di lampade tubolari a LED e sensori di rilevamento presenza in tutti i locali della struttura.

Le nuove lampade a LED, di potenza variabile tra i 34 ed i 9 W garantiscono prestazioni ed efficienza più elevate, oltre che una migliore qualità del livello di illuminamento.

Le lampade a LED rispetto alle attuali lampade a fluorescenza garantiscono maggiore durata di vita, un maggior flusso luminoso a parità di potenza elettrica assorbita, minor calore sviluppato e accensione a freddo.

Inoltre, mediante l'installazione di sensori di presenza si otterrebbe un ulteriore risparmio energetico, grazie all'ottimizzazione nella gestione del sistema.

### Descrizione dei lavori

Il criterio principale da seguire per la sostituzione di apparecchi illuminanti a tubi fluorescenti esistenti con apparecchi a LED è quello di utilizzare solo apparecchi a LED con le medesime caratteristiche illuminotecniche e di ingombro degli apparecchi illuminanti esistenti, in modo da non modificare la distribuzione dei corpi illuminanti dettata dai calcoli illuminotecnici di progetto né essere costretti a modificare le strutture interne.

Figura 8.13 - Particolare di una lampada fluorescente attualmente installata



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.7** e nella Figura 8.14.

Tabella 8.7– Risultati analisi EEM6 – efficientamento impianto di illuminazione mediante LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m <sup>2</sup> K]			
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	96.709	96.709	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.237	17.278	<b>31,5%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	94.513	94.513	<b>0,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.011	17.123	<b>31,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	19.092	19.092	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.680	7.996	<b>31,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.772</b>	<b>27.088</b>	<b>12,0%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	7.694	7.694	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.219	3.573	<b>31,5%</b>

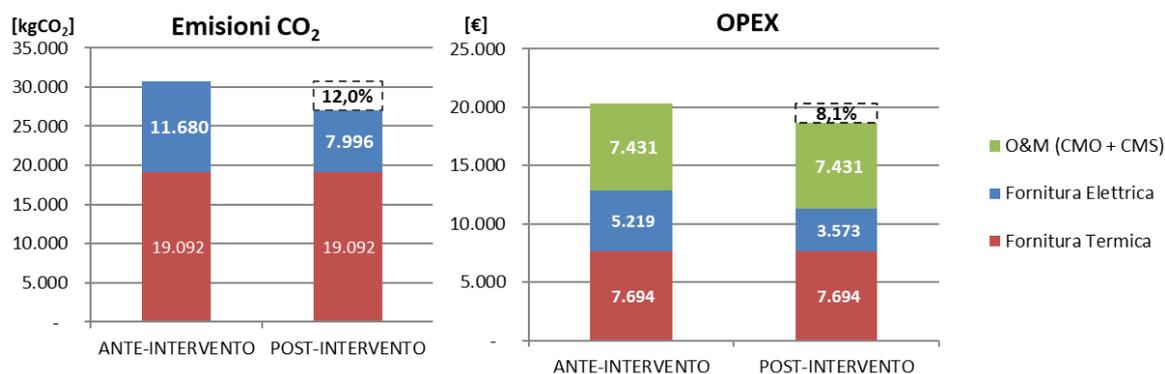
**E41 – Scuola Elementare “Da Verrazzano” e Scuola Media “Durazzo”**

Fornitura Energia, C <sub>e</sub>	[€]	12.913	11.267	12,7%
C <sub>MO</sub>	[€]	5.870	5.870	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.560	1.560	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	7.431	7.431	0,0%
OPEX	[€]	20.343	18.697	8,1%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e : 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico – rete elettrica –IVA inclusa.

Figura 8.14 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

Le analisi economiche per determinare il valore degli interventi sono state effettuate attraverso la redazione di computi metrici utilizzando i prezzi unitari riportati nel Prezzario Opere Pubbliche della Regione Liguria.

Nel caso in cui il Prezzario Regione Liguria fosse stato sprovvisto delle voci necessarie si è fatto riferimento a prezzi unitari riportati all'interno di altri prezzari regionali o camerali di regioni o provincie limitrofe. Le fonti alternative utilizzate sono state: Prezzario Regionale Piemonte, Prezzario Regione Lombardia, Milano e Camera di Commercio di Reggio Emilia.

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

#### EEM1: isolamento a cappotto in EPS grigio sp. 12 cm

Nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione delle pareti esterne dell'edificio mediante la posa del cappotto termico in polistirene EPS grigio con grafite (sp=12cm).

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 100 €/m<sup>2</sup> e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: Isolamento a cappotto EPS

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%		TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				€/n°	€/m <sup>2</sup>			
Pannello in polietilene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC densità compresa tra ..... mc euroclasse di resistenza al fuoco, marchiatura CE lambda pari a 0,033 W/mK, per isolamento termico di pareti e solai	Prezzario Regione Liguria	15452,88	m2cm	€	0,64	€ 9.833,65	22%	€ 11.997,05
Solo posa si isolamento termico-acustico su superfici verticali eseguito con pannelli isolanti..... Compreso il fissaggio con chiodi di materiale plastico e la sigilatura dei giunti ..	Prezzario Regione Liguria	1287,74	m2	€	9,84	€ 12.666,68	22%	€ 15.453,35
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	1287,74	kg	€	0,75	€ 959,95	22%	€ 1.171,14
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	643,87	kg	€	0,45	€ 286,81	22%	€ 349,91
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	1287,74	m2	€	12,98	€ 16.717,21	22%	€ 20.394,99
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	1287,74	m2	€	6,60	€ 8.499,08	22%	€ 10.368,88
Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	1287,74	m2	€	4,37	€ 5.630,94	22%	€ 6.869,74

**E41 – Scuola Elementare “Da Verrazzano” e Scuola Media “Durazzo”**

Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezziario Regione Liguria	0	m2	€ 19,25	€ -	22%	€ -
Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezziario Regione Liguria	1287,74	m2	€ 21,63	€ 27.850,30	22%	€ 33.977,37
Costi per la sicurezza				€ 2.473,34		22%	€ 3.017,47 € 2.473,34
Costi progettazione (in % su importo lavori)				€ 5.771,12		22%	€ 7.040,77 € 5.771,12
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>				<b>€ 90.689</b>		<b>22%</b>	<b>€ 110.641 € 90.689</b>
<b>Incentivo</b>	<b>Conto termico 40%</b>						<b>€ 44.256,28</b>
<b>Durata incentivi</b>							<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>							<b>€ 8.851,26</b>

**EEM2: Coibentazione sottotetto**

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				€/n° o €/m <sub>2</sub>	€	€	€
Feltri flessibili in lana di vetro per isolamenti termoacustici per isolamento termico di sottotetti, densità pari a 20 kg/m <sup>3</sup> e lambda pari 0,035 W/mK; con adeguata protezione di barriera al vapore spessore mm 200	Prezziario Regione Piemonte	210,02	m2	€ 8,42	€ 1.767,99	22%	€ 2.156,94
solo posa di isolamento termico-acustico su superfici orizzontali eseguito in rotoli di materiale isolante di qualsiasi spessore posti in opera mediante fissaggio con chiodi di materiale plastico con giunti convenientemente fissati accostati e nastrati con nastro adesivo plastificato	Prezziario Regione Liguria	210,02	m2	€ 4,34	€ 910,72	22%	€ 1.111,08
Costi per la sicurezza					€ 80,36	22%	€ 98,04
Costi progettazione (in % su importo lavori)					€ 187,51	22%	€ 228,76
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2)</b>					<b>€ 2.947</b>	<b>22%</b>	<b>€ 3.595</b>
<b>Incentivo</b>	<b>Conto termico 40%</b>						<b>€ 1.437,93</b>
<b>Durata incentivi</b>							<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>							<b>€ 287,59</b>

**EEM3: Coibentazione copertura**

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				€/n° o €/m <sub>2</sub>	€	€	€
Pannelli in polistirene espanso estruso (XPS) con o senza pelle, resistenza a compressione pari a 300 kpa (secondo la norma UNI EN 13164), euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,038 W/mK. Per isolamento termico interno ed esterno spessore 160 mm	Prezziario Regione Piemonte	372,85	m2	€ 27,40	€ 9.287,35	22%	€ 11.330,57
solo posa di isolamento termico-acustico su superfici orizzontali eseguito in rotoli di materiale isolante di qualsiasi spessore posti in opera mediante fissaggio con chiodi di materiale plastico con giunti	Prezziario Regione Liguria	372,85	m2	€ 4,77	€ 1.616,81	22%	€ 1.972,51

**E41 – Scuola Elementare “Da Verrazzano” e Scuola Media “Durazzo”**

convenientemente fissati accostati e nastrati con nastro adesivo plastificato										
massetto semplice o armato per formazione di pendenze su coperture piane o simili costituito da impasto cementizio dosato a 300 kg di cemento 32.5R dello spessore medio di 5 cm	Prezzario Regione Liguria	372,85	m2	€	14,03	€	4.755,53	22%	€	5.801,75
solo posa in opera di membrane bituminose semplici, autoprotette, mediante rinvenimento a fiamma su superfici piane o con pendenza fino a 30 gradi di inclinazione	Prezzario Regione Liguria	372,85	m2	€	7,71	€	2.613,34	22%	€	3.188,27
Membrana elastoplastomerica armata con lamina di alluminio minima 60 micron accoppiata a feltro di vetro rinforzato e stabilizzato imputrescibile . Spessore 3 mm	Prezzario Regione Liguria	372,85	m2	€	3,78	€	1.281,25	22%	€	1.563,12
Costi per la sicurezza				€			586,63	22%	€	715,69
Costi progettazione (in % su importo lavori)				€			1.368,80	22%	€	1.669,94
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2)</b>				€			<b>21.510</b>	<b>22%</b>	€	<b>26.242</b>
<b>Incentivo</b>	<b>Conto termico 40%</b>								€	<b>10.496,74</b>
<b>Durata incentivi</b>										<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>									€	<b>2.099,35</b>

**EEM4: Sostituzione infissi**

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 450€/m<sup>2</sup> e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 100.000 €. Tali incentivi sono erogabili solo nel caso in cui vengano installati, congiuntamente ai serramenti, sistemi di termoregolazione. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.2 sono riportati i risultati della quantificazione senza l'incentivo, esso sarà poi calcolato solamente nelle misure di efficienza congiunte degli scenari a medio/lungo termine, che prevederanno il 40% oppure il 55%.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)			
				€/n° o €/m <sup>2</sup>	€	€	€			
Rimozione senza recupero di serramenti in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare per misurazioni minima 2 mq	Prezzario Regione Liguria	227,09	m2	€	27,37	€	6.216,07	22%	€	7.583,61
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	Prezzario Regione Liguria	227,09	m2	€	299,00	€	67.899,91	22%	€	82.837,89
solo posa in opera di finestra o portafinestra in alluminio, pvc, legno acciaio esclusa la forniture e posa di controtelaio in acciaio	Prezzario Regione Liguria	227,09	m2	€	44,12	€	10.018,80	22%	€	12.222,93
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezzario Regione Liguria	60,27802	m	€	6,90	€	415,92	22%	€	507,42
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	Prezzario Regione Liguria	34,0635	m3	€	10,70	€	364,48	22%	€	444,66
Costi per la sicurezza						€	2.547,46	22%	€	3.107,90
Costi progettazione (in % su importo lavori)						€	5.944,06	22%	€	7.251,76
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM4)</b>						€	<b>93.407</b>	<b>22%</b>	€	<b>113.956</b>
<b>Incentivo</b>	<b>Conto termico</b>									
<b>Durata incentivi</b>										
<b>Incentivo annuo</b>										

**EEM5: Termoregolazione**

Nella EEM1: **isolamento a cappotto in EPS grigio sp. 12 cm**

Nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione delle pareti esterne dell'edificio mediante la posa del cappotto termico in polistirene EPS grigio con grafite (sp=12cm).

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 100 €/m<sup>2</sup> e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%

Tabella 9.15 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, si ipotizza di realizzare un sistema di termoregolazione all'interno e per tutto l'edificio.

Tale intervento, se considerato da solo, non consente l'ottenimento di nessun incentivo del Conto Termico. È però un'azione obbligatoria ed un costo ammissibile per accedere agli incentivi della sostituzione del generatore. Si rimanda la descrizione all'intervento corrispondente.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5: Termoregolazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%		TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				€/n°	€/m <sup>2</sup>			
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 20 mm	Prezzario Regione Liguria	75	cad	€	37,61	€ 2.820,68	22%	€ 3.441,23
Detentori in bronzo per tubi del diametro di: 20 mm a squadra	Prezzario Regione Liguria	75	cad	€	9,20	€ 690,00	22%	€ 841,80
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	50	h	€	28,98	€ 1.449,09	22%	€ 1.767,89
Costi per la sicurezza						€ 148,79	22%	€ 181,53
Costi progettazione (in % su importo lavori)						€ 347,18	22%	€ 423,56
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM5)</b>						<b>€ 5.456</b>	<b>22%</b>	<b>€ 6.656</b>
Incentivi	Conto termico							
Durata incentivi								
Incentivo annuo								

**EEM6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED**

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, si ipotizza di sostituire i corpi illuminanti (lampade e plafoniere) di tutti gli elementi dell'edificio.

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 35 €/m<sup>2</sup> e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 70.000 €. Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6: Sostituzione lampade con LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
				SCONTATO DEL 10%	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
				€/n° o €/m <sup>2</sup>	€	€	€
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Milano	308	cad	€ 5,21	€ 1.604,40	22%	€ 1.957,37
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Milano	8	cad	€ 89,96	€ 719,71	22%	€ 878,05
Lampade lineari a LED non dimmerabili 9 - 10W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	5	cad	€ 26,10	€ 130,50	22%	€ 159,21
Lampade lineari a LED non dimmerabili 15W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	3	cad	€ 35,17	€ 105,52	22%	€ 128,73
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 22 W - lunghezza 1300 mm	Milano	294	cad	€ 111,92	€ 32.903,95	22%	€ 40.142,81
Lampade lineari a LED non dimmerabili 19-20W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	294	cad	€ 39,12	€ 11.500,75	22%	€ 14.030,91
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Milano	6	cad	€ 126,82	€ 760,91	22%	€ 928,31
Costi per la sicurezza				€ 65,45	€ 392,67	22%	€ 479,06
Costi progettazione (in % su importo lavori)					€ 1.443,55	22%	€ 1.761,13
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM4)</b>					<b>€ 3.368,29</b>	<b>22%</b>	<b>€ 4.109,31</b>
Incentivi	Conto termico 40%				€ 52.930	22%	€ 64.575
Durata incentivi							€ 18.671,80
Incentivo annuo							5

**EEM7: Sostituzione generatore****Nella EEM1: isolamento a cappotto in EPS grigio sp. 12 cm**

Nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione delle pareti esterne dell'edificio mediante la posa del cappotto termico in polistirene EPS grigio con grafite (sp=12cm).

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 100 €/m<sup>2</sup> e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 7, si ipotizza di realizzare una sostituzione del generatore esistente e tradizionale con una caldaia a condensazione più efficiente.

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:

La tabella 8 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 130 €/kWt e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 40.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache di tipologia 1.A la percentuale incentivata della spesa

ammmissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.6 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.7 – Analisi dei costi della EEM7: installazione di nuovo generatore di calore

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
				SCONTATO DEL 10%	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
				€/n° o €/m <sub>2</sub>	€	€	€
Rimozione generatore esistente - taglia caldaia esistente Pn > 116 e Pn <= 250	CCIAA RE	1		€ 1.297,18	€ 1.297,18	22%	€ 1.582,56
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: 113 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 9.228,75	€ 9.228,75	22%	€ 11.259,08
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 211,60	€ 211,60	22%	€ 258,15
Sola posa in opera di bruciatori per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 357,07	€ 357,07	22%	€ 435,63
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	8	cad	€ 19,21	€ 153,67	22%	€ 187,48
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 25,87	€ 25,87	22%	€ 31,56
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	8	h	€ 31,28	€ 250,25	22%	€ 305,31
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	20	h	€ 28,98	€ 579,64	22%	€ 707,16
Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	50	m³km	€ 4,29	€ 214,55	22%	€ 261,75
Costi per la sicurezza					€ 379,74	22%	€ 463,29
Costi progettazione (in % su importo lavori)					€ 886,07	22%	€ 1.081,01
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM7)</b>					<b>€ 13.924</b>	<b>22%</b>	<b>€ 16.987</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 55 %</b>						<b>€ 6.795</b>
<b>Durata incentivi</b>							<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>							<b>€ 1.359</b>

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

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### **EEM1: Coibentazione involucro opaco verticale**

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

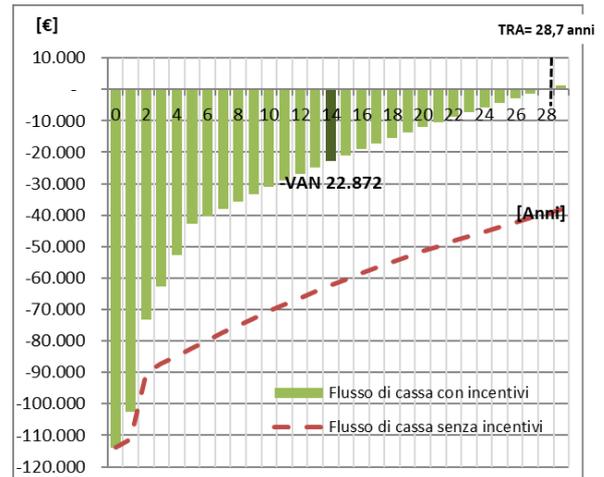
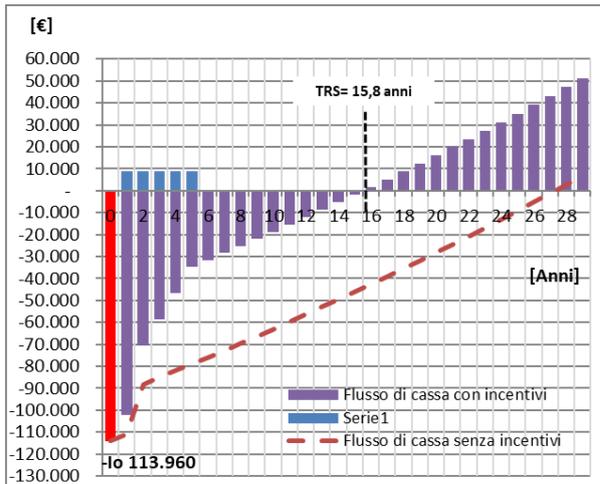
Tabella 9.1 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	$I_0$	€	110.641
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	8.851
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	27,3	15,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	45,2	28,7
Valore attuale netto	VAN	-38.269	1.135
Tasso interno di rendimento	TIR	0,4%	4,1%
Indice di profitto	IP	-0,35	0,01

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

(senza incentivi)

incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di cappottatura delle facciate verticali esterne ha un TRS di 15.8 anni considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione soltanto su scenari di lungo periodo. Non risulta invece particolarmente conveniente in mancanza di incentivazioni.

**EEM2: Coibentazione sottotetto**

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

Tabella 9.2 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 3.595
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno 288
Durata incentivo	$n_B$	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 10,9	6,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA 14,7	7,9
Valore attuale netto	VAN 2.068	3.348
Tasso interno di rendimento	TIR 8,5%	12,8%
Indice di profitto	IP 0,58	0,93

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

Figura 9.3 – EEM2: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

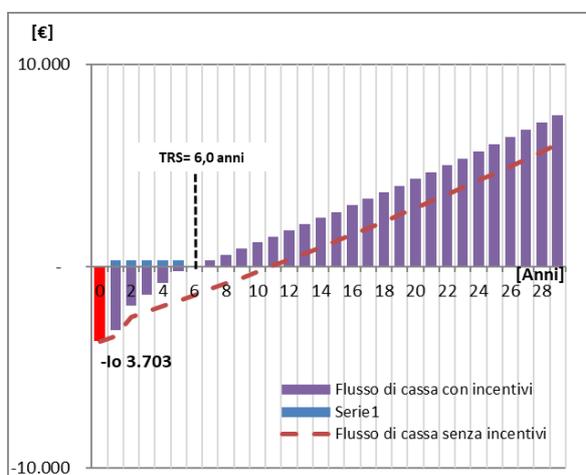
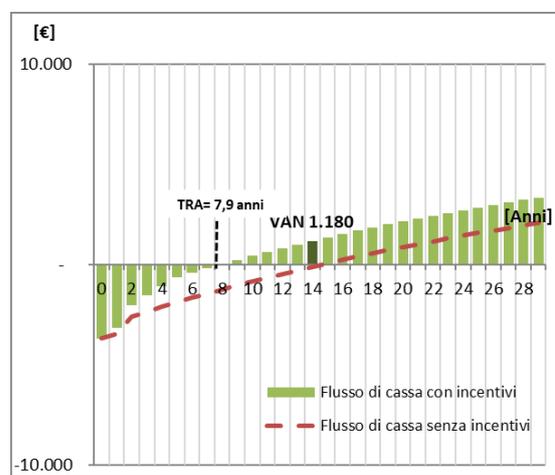


Figura 9.4 – EEM2: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che la coibentazione del sottotetto ha un TRS di 6 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di breve periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile su un medio periodo in quanto il TRS è di 10.9 anni.

**EEM3: Coibentazione copertura**

Tabella 9.3 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 26.242
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno 2.099
Durata incentivo	$n_B$	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 20,4	11,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA 34,7	17,9
Valore attuale netto	VAN -3.683	5.663
Tasso interno di rendimento	TIR 2,7%	6,5%
Indice di profitto	IP -0,14	0,22

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

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

Figura 9.5 – EEM3: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

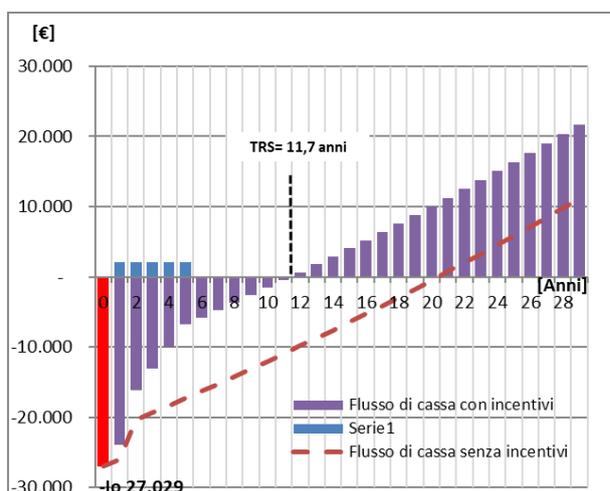
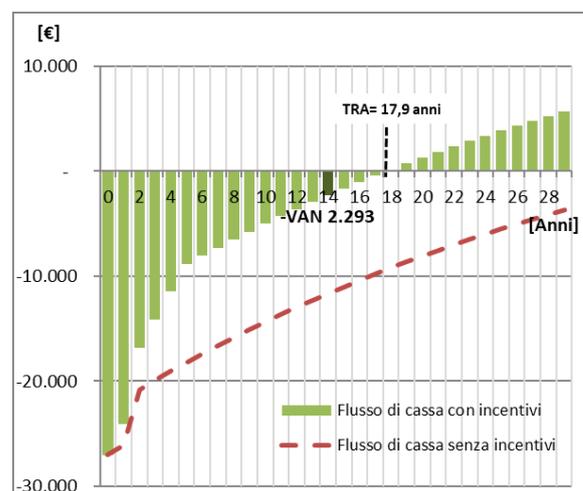


Figura 9.6 – EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che la coibentazione della copertura piana ha un TRS di 11.7 anni considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno semplice sale a 20.4 anni risultando sostenibile solo su lunghi periodi.

### EEM4: Sostituzione infissi

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

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 113.956
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	$n_B$	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs	54,6
Tempo di rientro attualizzato	TRa	80,2
Valore attuale netto	VAN	- 73.483
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,3%
Indice di profitto	IP	-0,64

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

Figura 9.7 – EEM4: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

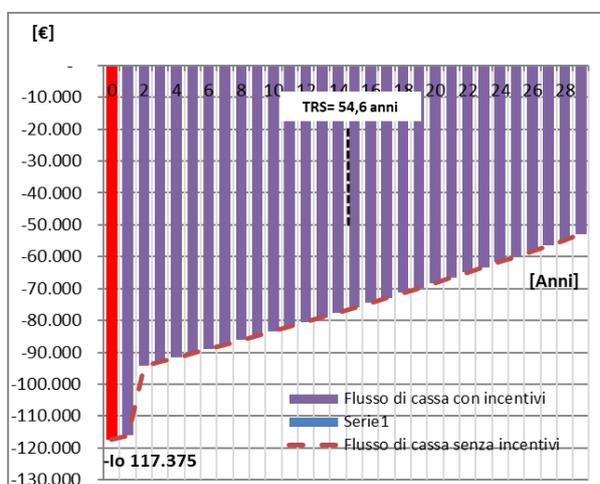
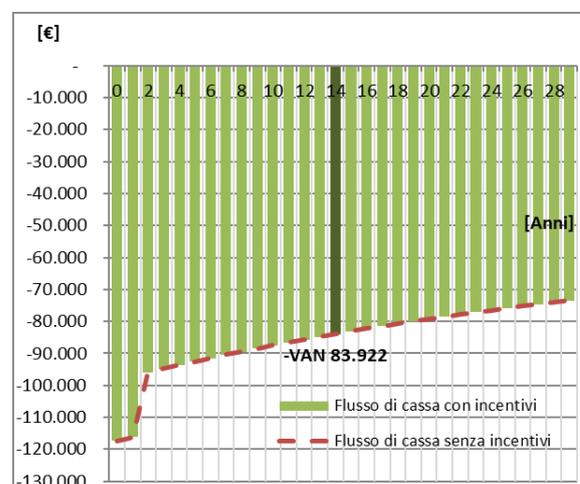


Figura 9.8 – EEM4: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di sostituzione dei serramenti ha un TRS di 33.4 anni considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento non risulta particolarmente conveniente considerando soltanto gli aspetti energetici anche su lunghi periodi.

### EEM5: Termoregolazione

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.5 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>I<sub>0</sub></b>	€ 6.656
Oneri Finanziari %I <sub>0</sub>	<b>OF</b>	[%] 3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni 3
Vita utile	<b>n</b>	anni 15
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno -
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni 5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b> 24,9	24,9
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b> 31,1	31,1
Valore attuale netto	<b>VAN</b> -3.549	-3.549
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b> -7,2%	-7,2%
Indice di profitto	<b>IP</b> -0,53	-0,53

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

Figura 9.9 – EEM5: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

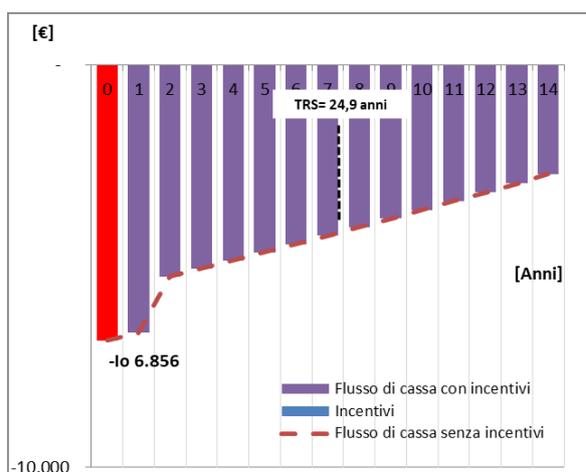
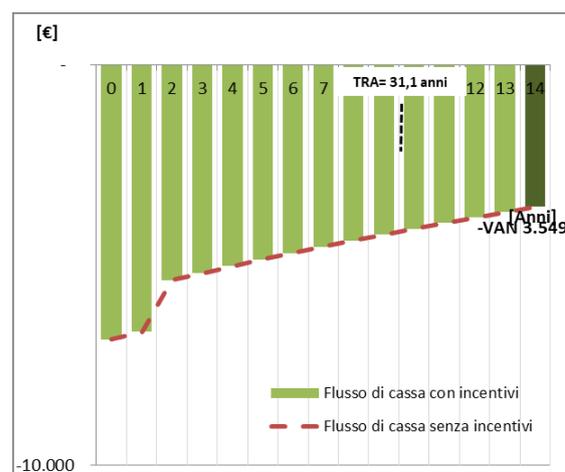


Figura 9.10 – EEM5: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



L’intervento di installazione delle valvole termostatiche ha un TRS di 24.9 anni l’analisi è stata effettuata senza considerare l’incentivo del Conto Termico in quanto questo è vincolato all’attivazione di altri interventi quali la sostituzione dei serramenti o l’installazione di un nuovo

generatore a condensazione, pertanto tale intervento in tali condizioni non risulta particolarmente conveniente anche su lunghi periodi.

### **EEM6: Sostituzione lampade con LED**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.2 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 64.575
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni 3
Vita utile	$n$	anni 8
Incentivo annuo	B	€/anno 3.734
Durata incentivo	$n_B$	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs 24,7	13,2
Tempo di rientro attualizzato	TRa 27,6	14,8
Valore attuale netto	VAN - 47.265	30.641
Tasso interno di rendimento	TIR -27,5%	-14,6%
Indice di profitto	IP -0,73	-0,47

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

Figura 9.11 – EEM6: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

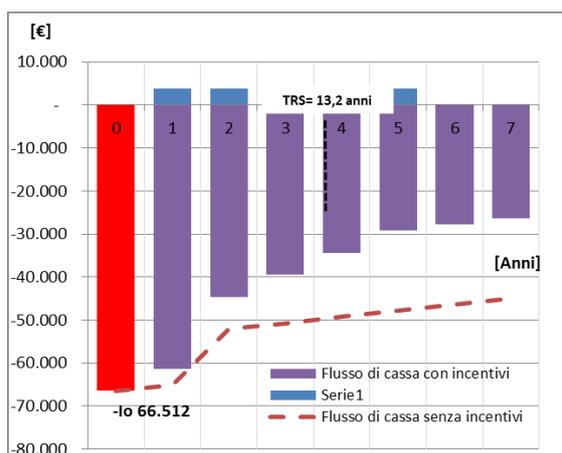
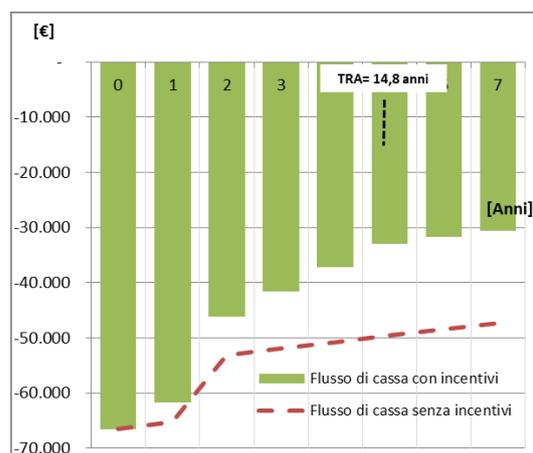


Figura 9.12 – EEM6: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



La coibentazione delle lampade con nuove a LED ha un TRS di 11.3 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno semplice sale a 23.3 anni risultando sostenibile solo su lunghi periodi.

**EEM7: Sostituzione generatore**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 7 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.2 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM7

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	16.987
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	1.359
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,5	3,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	6,5	4,2
Valore attuale netto	VAN	14.047	20.097
Tasso interno di rendimento	TIR	15,3%	21,8%
Indice di profitto	IP	0,83	1,18

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.12 e Figura 9.2.

Figura 9.3 – EEM7: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

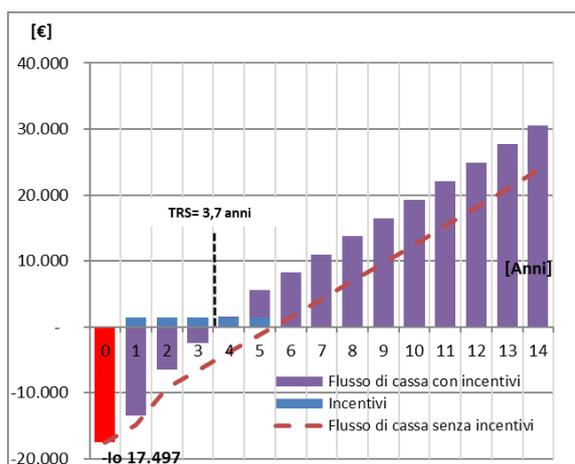
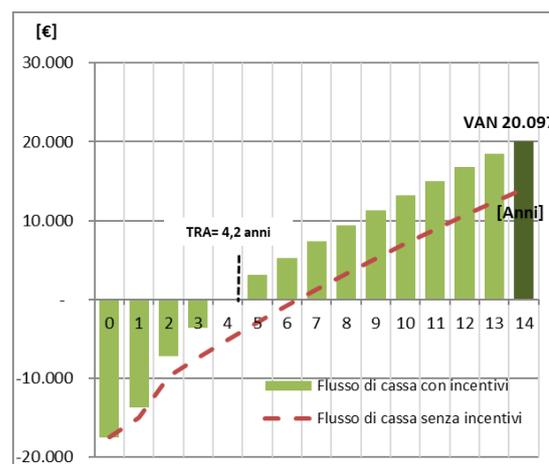


Figura 9.13 – EEM7: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione del generatore ha un TRS di 3,7 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi (che aumenta fino al 55% purché nella strategia di efficientamento siano state prese in considerazione misure di coibentazione sull'involucro opaco). Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile anche su un lungo periodo in quanto il TRS è solo di 5,5 anni. Pertanto tale intervento rientra su scenari di medio e lungo periodo. Si precisa che negli scenari

l'intervento sarà costituito dell'unione di altri con tempi di ritorno maggiori la sua sostenibilità va comunque valutata nell'ambito dello scenario di riferimento.

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.8 e Tabella 9.9.

Tabella 9.8 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI										
	% $\Delta E$ %	% $\Delta_{CO_2}$ %	$\Delta C_E$ €/anno	$\Delta C_{MO}$ €/anno	$\Delta C_{MS}$ €/anno	$I_0$ €	TRS anni	TRA anni	VAN €	TIR %	IP -
EEM 1	27.4	28.5	3.532	0	0	-110641	27.3	452	-38269	0,4	-0.35
EEM 2	2.5	2.6	319	0	0	-3.595	10,9	14,7	2068	8,5	0,58
EEM 3	9.1	9.4	1.170	0	0	-26242	20,4	34	-3683	2,7	-0,14
EEM 4	11.9	12.4	1.535	0	0	-113956	54.6	80.2	-73483	-4,3	-0,64
EEM 5	1,8	1.9	233.5	0	0	-6656	24,9	31	-3549	-7.2	-0,53
EEM 6	12.7	12	1.645.9	0	0	-64.575	24.7	27.6	-47.265	-27.5	-0.73
EEM 7	6.3	6.5	811	2.935	780	-16.987	3,9	4,5	26.268	23,3	1,55

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che senza incentivi solo pochi interventi sono sostenibili sul medio/breve periodo, in particolare gli interventi sull'involucro a parte la coibentazione del sottotetto hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 20 anni

Tabella 9.9 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI										
	% $\Delta E$ %	% $\Delta_{CO_2}$ %	$\Delta C_E$ €/anno	$\Delta C_{MO}$ €/anno	$\Delta C_{MS}$ €/anno	$I_0$ €	TRS anni	TRA anni	VAN €	TIR %	IP -
EEM 1	27.4	28.5	3.532	0	0	-110641	15,8	28,7	1135	4,1	0,01
EEM 2	2.5	2.6	319	0	0	-3.595	6	7,9	3348	12,8	0,93
EEM 3	9.1	9.4	1.170	0	0	-26242	11,7	17,9	5663	6,5	0,22
EEM 4	11.9	12.4	1.535	0	0	-113956	54.6	80.2	-73483	-4,3	-0,64
EEM 5	1,8	1.9	233.5	0	0	-6656	24,9	31.1	-3549	7.2	-0,53
EEM 6	12.7	12	1.645.9	0	0	-64.575	13.2	14.8	-30.641	-14.6	-0.47
EEM 7	6.3	6.5	811	2.935	780	-16.987	2,9	3,3	32.318	30	1,9

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie agli incentivi previsti dal Conto Termico del D.M. del 16 febbraio 2016 la gran parte degli interventi simulati raggiunge dei tempi di ritorno semplici inferiori ai 15 anni. In queste condizioni sono pertanto ipotizzabili aggregazioni di interventi sostenibili economicamente sia se venissero finanziati direttamente dal Comune di Genova sia attraverso il coinvolgimento di ESCo e il FTT.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di interventi di efficientamento dell’involucro termico e del sistema impiantistico
- **Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤15 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di interventi di efficientamento dell’involucro termico e del sistema impiantistico

### 9.3.1 Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni

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

EEM 2: Coibentazione sottotetto

EEM 5: Termoregolazione

EEM 6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

EEM 7: Sostituzione generatore di calore

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	2678,7	589	3268
EEM5 Fornitura & Posa	4960	1091	6051
EEM6 Fornitura & Posa	48118	10586	58704
EEM7 Fornitura & Posa	10674	2348	13023
Costi per la sicurezza	1993	438	2431
Costi per la progettazione	4650	1023	5673
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>73074</b>	<b>16075</b>	<b>89151</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>Mo</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>Ms</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	0	0	0
EEM6 O&M	0	0	0
EEM7 O&M	2.935	780	3.715
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.935</b>	<b>780</b>	<b>3.715</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	39347	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		7869	

Nota (17): Incentivo calcolato secondo regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 previste dal conto termico 2.0. Per tali interventi la quota incentivabile della spesa ammissibile è pari al 55%.

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

Figura 9.9 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

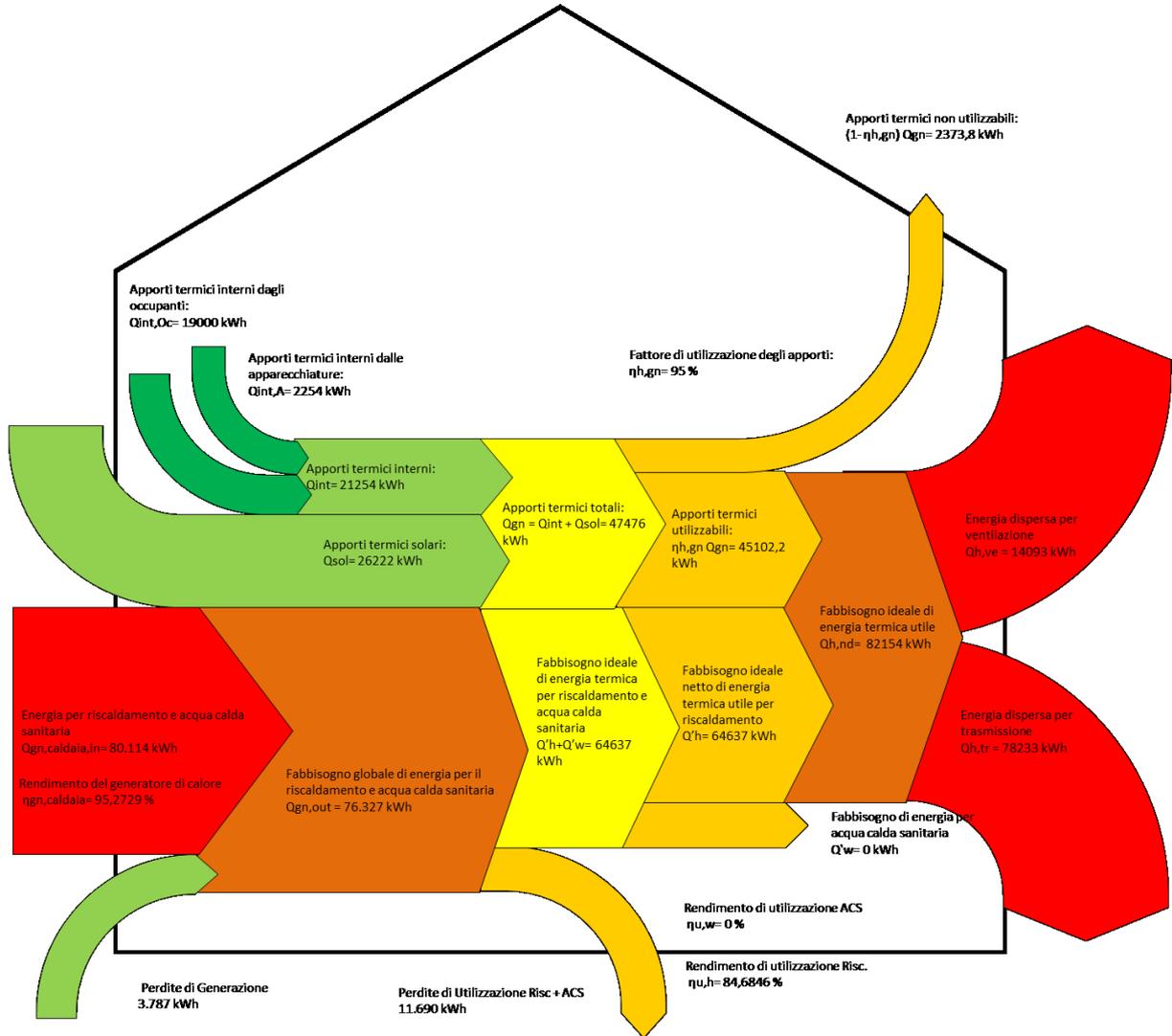
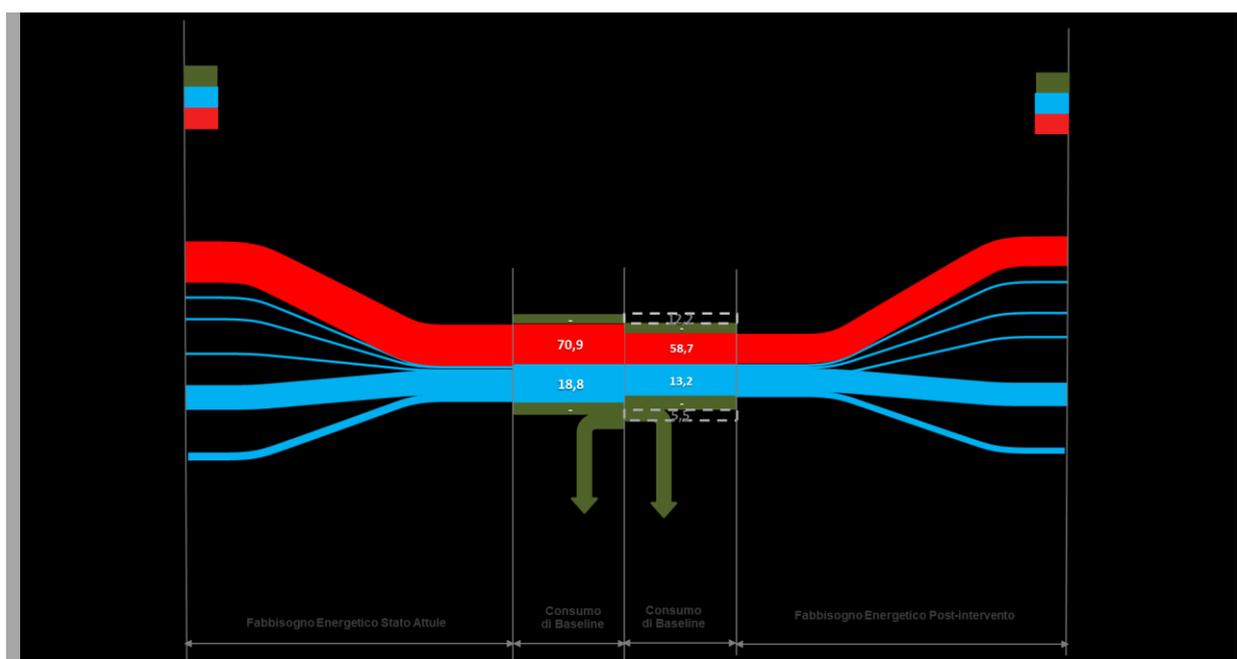


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9. e nella Figura 9.111

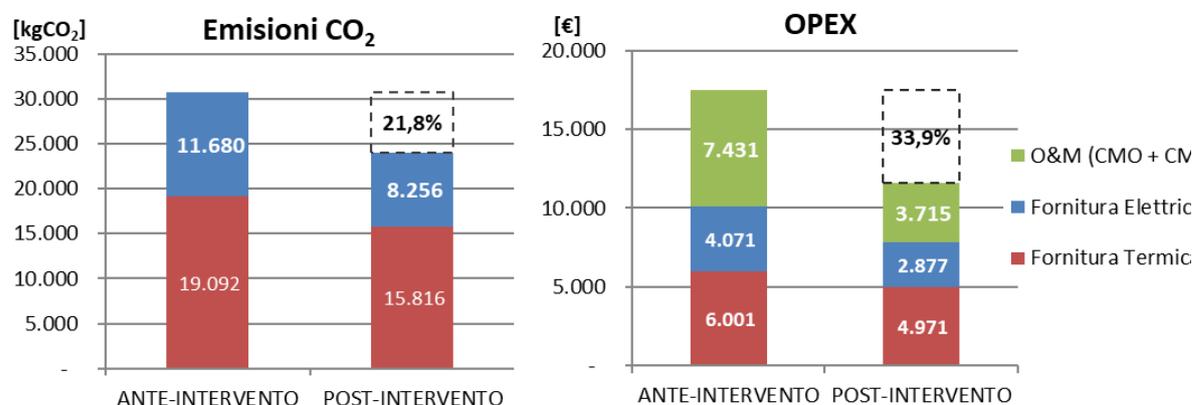
Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN1 –Scenario ottimale TRS≤15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM2 [Coibentazione sottotetto]	[W/m²K]	1,07	0,169	<b>84,2%</b>
EM5 [Termoregolazione]	[%]	96	99	<b>-3,1%</b>
EM6 [LED]	[W/m²K]	-	-	-
EM7 [Sostituzione generatore]	-	Caldaia tradizionale	Caldaia a condensazione	-
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	96.709	80.116	<b>17,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.237	17.838	<b>29,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	94.513	78.297	<b>17,2%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.011	17.678	<b>29,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	19.092	15.816	<b>17,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.680	8.256	<b>29,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.772</b>	<b>24.072</b>	<b>21,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.001	4.971	<b>17,2%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.071	2.877	<b>29,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>10.072</b>	<b>7.849</b>	<b>22,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.870	2.935	<b>50,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.560	780	<b>50,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.431</b>	<b>3.715</b>	<b>50,0%</b>
OPEX	[€]	<b>17.502</b>	<b>11.564</b>	<b>33,9%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	0 classi

Nota (18) 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 gas naturale e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico- elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,209 [€/kWh] per il vettore

elettrico

Figura 9.15 – SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all' Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9., Tabella 9.17 e Tabella 9. e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Scenario ottimale TRS≤15 anni

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)	$n_D$	10
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	€ 89.151
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.675
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 91.826
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 73.460
Equity	$I_E$	€ 18.365
Fattore di annualità Debito	FA <sub>D</sub>	8,30
Rata annua debito	$q_D$	€ 8.849

Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	<b>88.487</b>
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	<b>15.027</b>

Tabella 9.17 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	12.913
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	5.796
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>18.709</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>22,1%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>50,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>0,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>4.684</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	-
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	28.287
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	6.882
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>14</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>15,40%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	1.010
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	1.073
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	2.600
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€	3.009
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€	11.016
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	€	14.025
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	€	4.684
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	€	<b>18.709</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	16.076
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	39.347
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>8,00</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>11,70</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>7.774</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>5,85%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>8,72%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>3,21</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>3,83</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>5.703</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		<b>23,14%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		<b>1,134</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLLCR &lt; 1</b>		<b>1,020</b>

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



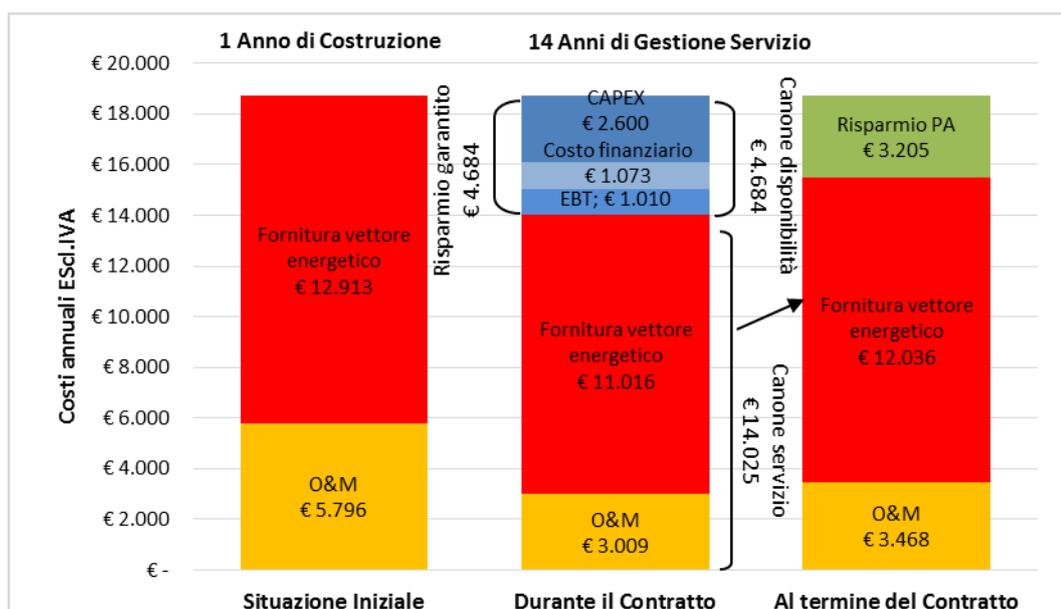
Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti.

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 9.114.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni

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

- EEM 1: Coibentazione pareti esterne
- EEM 2: Coibentazione sottotetto
- EEM 3: Coibentazione copertura
- EEM 5: Termoregolazione
- EEM 6: Efficiamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED
- EEM 7: Sostituzione generatore di calore

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	82444,6	18138	100582
EEM2 Fornitura & Posa	2678,7	589	3268
EEM3 Fornitura & Posa	19554	4302	23856
EEM5 Fornitura & Posa	4960	1091	6051
EEM6 Fornitura & Posa	48118	10586	58704
EEM7 Fornitura & Posa	10674	2348	13023
Costi per la sicurezza	5013	1103	6116
Costi per la progettazione	11698	2574	14271
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>183824</b>	<b>40441</b>	<b>224264</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>Mo</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>Ms</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	0	0	0
EEM6 O&M	0	0	0
EEM7 O&M	2.935	780	3.715
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.935</b>	<b>780</b>	<b>3.715</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>	<b>113660</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>22732</b>	

Nota (17): Incentivo calcolato secondo regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 previste dal conto termico 2.0. Per tali interventi la quota incentivabile della spesa ammissibile è pari al 55%.

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

Figura 9.19 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

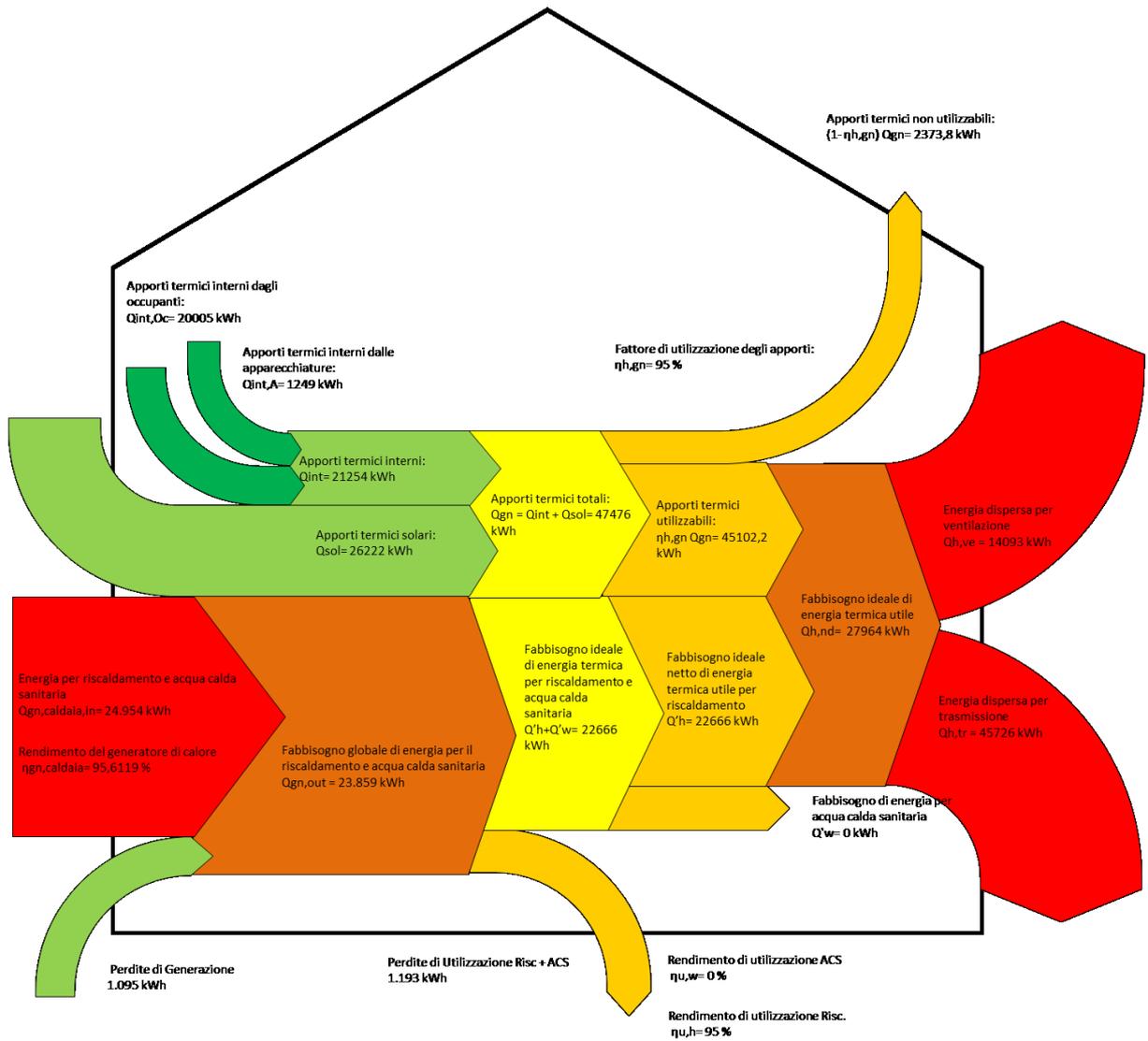
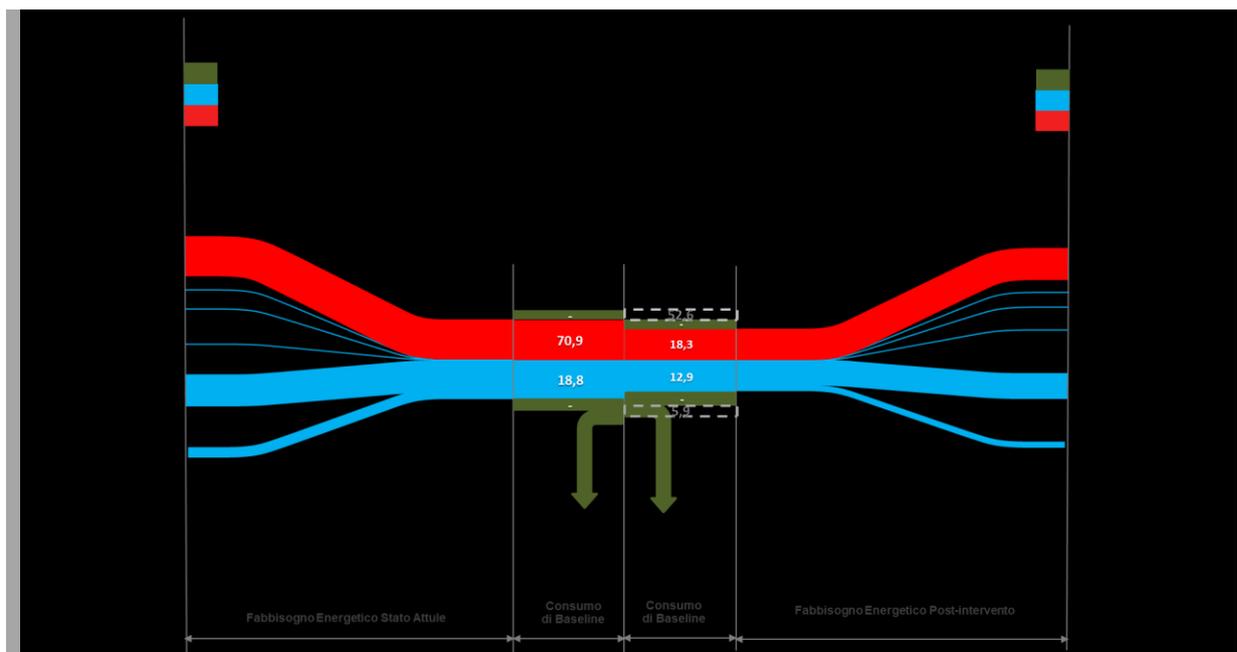


Figura 9.110 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9. e nella Figura 9.111

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2 –Scenario ottimale TRS≤25 anni

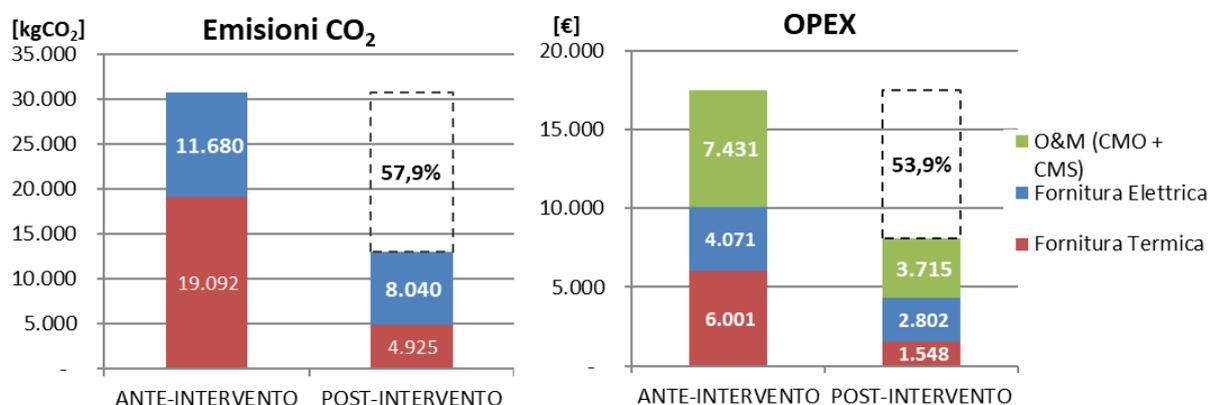
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Cappotto termico pareti esterne]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,2	0,21	<b>82,5%</b>
EM2 [Coibentazione sottotetto]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,07	0,169	<b>84,2%</b>
EM3 [Coibentazione copertura]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,43	0,2	<b>86,0%</b>
EM5 [Termoregolazione]	[%]	96	99	<b>-3,1%</b>
EM6 [LED]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	-	-
EM7 [Sostituzione generatore]	-	Caldaia tradizionale	Caldaia a condensazione	-
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	96.709	24.949	<b>74,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.237	17.372	<b>31,2%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	94.513	24.383	<b>74,2%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.011	17.216	<b>31,2%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	19.092	4.925	<b>74,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.680	8.040	<b>31,2%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.772</b>	<b>12.965</b>	<b>57,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.001	1.548	<b>74,2%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.071	2.802	<b>31,2%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>10.072</b>	<b>4.350</b>	<b>56,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.870	2.935	<b>50,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.560	780	<b>50,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.431</b>	<b>3.715</b>	<b>50,0%</b>
OPEX	[€]	<b>17.502</b>	<b>8.066</b>	<b>53,9%</b>
Classe energetica	[-]	E	B	+3 classi

Nota (18) 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 gas naturale e 0,467

[kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico- elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.111 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9., Tabella 9.17 e Tabella 9. e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Scenario ottimale TRS≤25 anni

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)	$n_D$	10
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_D$	€ 224.265
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 6.728
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 230.993
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 184.794
Equity	$I_E$	€ 46.199
Fattore di annualità Debito	FA <sub>D</sub>	8,30

Rata annua debito	$q_D$	€	22.260
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	222.595
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	37.801

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	12.913
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	5.796
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>18.709</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>56,8%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>50,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>5,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>9.122</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	935
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	107.150
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	13.800
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>35,41%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	3.408
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	1.575
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	3.204
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€	3.086
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€	6.500
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	€	9.587
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	€	8.187
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	€	<b>17.774</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	40.441
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	113.660
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.18 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>9,65</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>15,63</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>32.641</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>6,26%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>14,55%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>9,09</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>15,58</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>12.093</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		<b>14,68%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		<b>1,044</b>

Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	<b>1,374</b>
Indice di Profitto Azionista	IP	<b>5,39%</b>

Figura 9.112 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

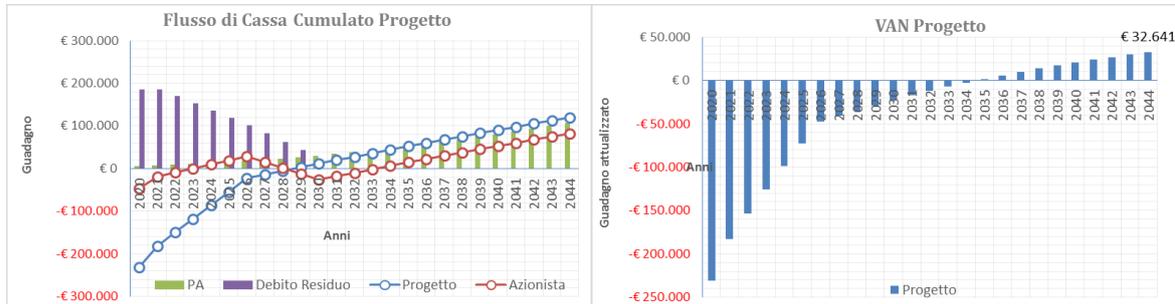


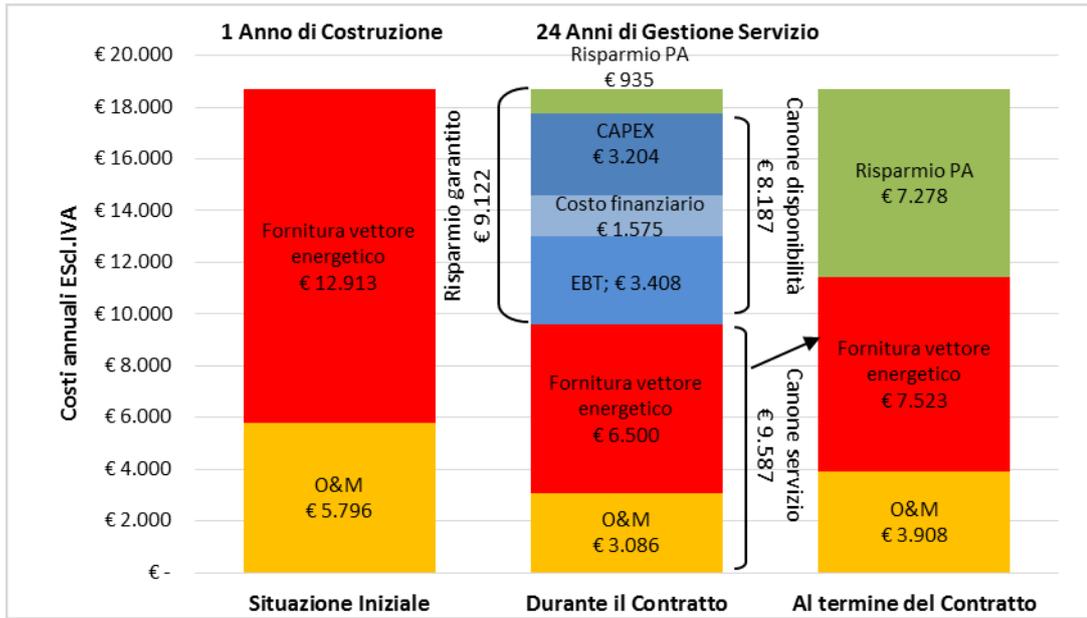
Figura 9.113 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti. Si segnala un momento di criticità nei flussi di cassa dell’azionista tra l’ottavo ed il quindicesimo anno

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 9.114.

Figura 9.114 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita la scuola Elementare da Verrazzano e scuola Media Durazzo presenta ampie possibilità di efficientamento energetico pari. Tale obiettivo potrebbe essere raggiunto attraverso la realizzazione di misure di efficientamento energetico con tempi di ritorno semplici piuttosto contenuti considerando la possibilità di accedere agli incentivi previsti per le PA dal “Conto Termico”. Sono stati inoltre simulati alcuni scenari su medio lungo periodo prevedendo interventi aggregati i cui costi/benefici potrebbero essere appetibili per un intervento che vede il coinvolgimento di investitori privati ed ESCo.

Nei paragrafi seguenti sono riportate le conclusioni del processo di audit attraverso:

riassunto degli indici di performance energetica

- lista delle raccomandazioni ed opportunità di risparmio energetico con la stima della loro fattibilità tecnico – economica;
- programma di attuazione delle raccomandazioni proposte;
- potenziali interazioni fra le raccomandazioni proposte;
- proposta di un piano di misure e verifiche per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si riportano di seguito gli indici di prestazione energetica consguenti all'attuazione degli scenari ottimali SCN1 e SCN2.

Tabella 10.1 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ANTE INTERVENTO		SCN1		SCN2		
		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	
Globale non rinnovabile	EP <sub>gl</sub>	kWh/m q anno	109.27	117.26	90.77	85.39	41.28	46.5
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/m q anno	76,65	76,77	64.40	64.72	20.26	20.41
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/m q anno	0,44	0,55	0,44	0,55	0,44	0,55
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/m q anno	-	-	-	-	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/m q anno	-	-	-	-	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/m q anno	32.18	39.94	20.54	25.50	20.57	25.53
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/m q anno	-	-	-	-	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	21.4	23	15	18	8	9

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

Sulla base delle analisi tecnico ed economiche effettuate sulle singole misure di efficienza energetica è stato possibile definire un elenco di interventi prioritari oltre che due possibili scenari aggregati. L'elenco delle priorità è stato definito sulla base del valore di TRS raggiunto. Le EEM con un valore minore saranno le prime che si suggerisce di realizzare mentre quelle con TRS più alto dovranno essere realizzate in seguito.

Inoltre le opportunità di intervento sono state definite sulla base delle fattibilità tecniche ed economiche, privilegiando gli interventi “to be lean” rispetto a quelli “to be clean” e “to be green” suddivise sulla base di quanto indicato

Gli interventi “to be lean” simulati sono stati:

EEM 1: Coibentazione pareti esterne

EEM 2: Coibentazione sottotetto

EEM 3: Coibentazione copertura

EEM 4: Sostituzione serramenti

EEM 5: Termoregolazione

EEM 6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

Gli interventi “to be clean” simulati sono stati:

EEM 7: Sostituzione generatore di calore

Successivamente sono stati individuati due scenari di interventi aggregati su cui sono state calcolati gli indicatori economici a 15 e a 25 anni:

Interventi previsti nello scenario a 15 anni:

- EEM 2: Coibentazione sottotetto
- EEM 5: Termoregolazione
- EEM 6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED
- EEM 7: Sostituzione generatore di calore

Interventi previsti nello scenario a 25 anni:

- EEM 1: Coibentazione pareti esterne
- EEM 2: Coibentazione sottotetto
- EEM 3: Coibentazione copertura
- EEM 5: Termoregolazione
- EEM 6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED
- EEM 7: Sostituzione generatore di calore

Tabella 10.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be Lean, caso con incentivi

		CON INCENTIVI												
		% $\Delta$ <sub>E</sub>	% $\Delta$ <sub>CO2</sub>	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSC R	LLCR
priorità		%	%	€/anno	€/anno	€/anno	€	anni	anni	€	%	-	-	-
4	EEM 1	27.4	28.5	3.532	0	0	110641	15,8	28,7	1135	4,1	0,01	-	-
1	EEM 2	2.5	2.6	319	0	0	-3.595	6	7,9	3348	12,8	0,93		
3	EEM 3	9.1	9.4	1.170	0	0	-26242	11,7	17,9	5663	6,5	0,22		
6	EEM 4	11.9	12.4	1.535	0	0	113956	54.6	80.2	-73483	-4,3	-0,64		
5	EEM 5	1,8	1,9	233.5	0	0	-6656	24,9	31.1	-3549	7.2	-0,53		
2	EEM 6	12.7	12	1.645.9	0	0	64.575	13.2	14.8	-30.641	-14.6	-0.47		

Tabella 10.3 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be clean, caso con incentivi

		CON INCENTIVI												
		% $\Delta$ <sub>E</sub>	% $\Delta$ <sub>CO2</sub>	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSC R	LLCR
priorità		%	%	€/anno	€/anno	€/anno	€	anni	anni	€	%	-	-	-
EEM 7	7	6.3	6.5	811	2.935	780	16.987	2,9	3,3	32.318	30			

Tabella 10.4 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica scenari di intervento a 15 e 25 anni, caso con incentivi

priorità	CON INCENTIVI												
	% $\Delta$ E	% $\Delta_{CO2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSC R	LLCR
	%	%	€/anno	€/anno	€/anno	€	anni	anni	€	%	-		
SCN 1	22.1	21.8	2.850*	2.289*	609*	-89.151	3,2	3,8	5.703	23,1	6,4	1,1	
SCN 2	56.8	57.9	7.335*	2.289*	609*	224.265	9,1	15,6	12.093	14,7	5,4	1	

\*secondo il documento di F.A.Q. quesito 35 nelle analisi economiche e finanziarie degli scenari i risparmi economici sono considerati al netto dell'IVA

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

In conclusione è possibile ipotizzare che gli interventi simulati negli scenari aggregati possano essere realizzati sia attraverso investimenti propri del comune di Genova sia attraverso l'attivazione di un Energy Performance Contracting di durata pluriennale, con una ESCo, in cui è previsto il raggiungimento della prestazione di efficientamento energetico simulata e riportata nel presente Rapporto di Diagnosi e di anno in anno verificata e monitorata.

Il risparmio garantito negli EPC è pertanto un valore contrattuale e la ESCo dovrà garantire annualmente il raggiungimento di tale performance calcolata in unità fisiche (es. MWh, lt, mc, ecc.). Se il risparmio ottenuto sarà minore rispetto a quello previsto da contratto il valore economico dell'extra consumo dovrà essere rimborsato dalla ESCo alla pubblica amministrazione secondo procedure stabilite dal contratto stesso. Se il risparmio è più alto rispetto al previsto il valore economico dell'extra-risparmio sarà diviso tra la ESCo e la P.A. proprietaria dell'edificio in accordo con la metodologia definita dal contratto (es. 70%-30%)

L'attendibilità del valore del risparmio energetico raggiunto dipende dalla qualità delle misure e delle verifiche (M&V) effettuate. Per rendere il processo il più trasparente possibile è necessario allegare al contratto EPC un Piano di Verifica e Monitoraggio della Prestazione e prevedere una VERIFICA DI PARTE TERZA.

All'interno dei Contratti EPC dovrà pertanto essere allegato un **Piani di Verifica e Monitoraggio della Prestazione** redatto in ottemperanza di quanto previsto dalla metodologia indicata dall'International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)

All'interno dei PMVP dovranno essere definite le modalità di misura e verifica delle prestazioni prevedendo la possibilità di verifiche delle frequenze di utilizzo, aggiustamenti e normalizzazione sulla base degli effettivi volumi riscaldati e delle condizioni climatiche.

Si suggerisce inoltre di prevedere la creazione di una commissione paritetica costituita da tre esperti, uno in rappresentanza del Comune di Genova uno della Esco ed uno esterno, i cui ruoli potranno essere definiti all'interno del PMVP, a titolo di esempio vengono riportati i possibili ruoli e funzioni all'interno della commissione:

- Raccolta dati dai meter (ESCo expert)
- Raccolta dati delle temperature esterne (ESCo expert)
- Verifica dei volumi riscaldati e dei fattori di occupazione (P.A. expert)
- Verifica delle temperature interne (P.A. expert)
- Verifica dei prezzi dell'energia (ESCo expert)
- Aggiustamenti e normalizzazioni (Terza parte expert)
- Approvazione delle misure e verifiche (Tutti)
- Report e definizione dei risparmi ottenuti (Terza parte expert)

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
01_Planimetrie	08.11.17	01_Involucro E00041, PIAN1, PIAN1SS, PIAN2, PIAN3, PIANC, PIAN1
		02_Termici 171-S01-001-CENTRALE TERMICA, L1-042- 171-P00, L1-042-171-P01, L1-042-171-P02, L1-042-171-S01, L1-042-171-P00-Checklist, L1-042-171-P01-Checklist, L1-042-171-P02- Checklist, L1-042-171-S01-Checklist
		03_Elettrici vuoto
02_Manutenzioni	08.11.17	01_Involucro vuoto
		02_Termici vuoto
		03_Elettrici vuoto
		04_FER vuoto
03_Consumi (Bollette elettricità 2014)	20.07.18	5700065495, 5700098218, 5700134957 5700176145, 5700214975, 5700248944 5700291206, 5700345541, 5700411327 5700373449, 5700493139, 5700493139
03_Consumi (Bollette elettricità 2015)	20.07.18	5700493139, 5700544142, 5750081967 E000140844, E000163929, E000175672, E000337522, E000234065, E000281520, E000163929, E000386676, E000163929, E000432863, E000483582, E000018557, E000084135, E000310245, E000150590
03_Consumi (Bollette elettricità 2016)	20.07.18	E000150590, E000084136, E000218120 E000218121, E000334604, E000238237 E000218121, E000334604, E000150590 E000238237, E000278554, E000334604 E000238237, 011640025275, 011640087942 011640025275, 011640048519, 011640060830, 011640074903, 011640126637, 011740042570 011640100078, 011740001581
Tabella riepilogativa scuole	20.07.18	kyotoBaseline-E41_rev10.xls

## ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Allegato B Elaborati	26.01.18	Allegato B Elaborati”
Tavola con indicazione di impianti e zone termiche (dwg, PDF)		DE_Lotto.9-E41_Elaborati pt
		DE_Lotto.9-E41_Elaborati p1
		DE_Lotto.9-E41_Elaborati p2
		DE_Lotto.9-E41_Elaborati p3
		DE_Lotto.9-E41_Elaborati p1ss
Planimetria catastale		DE_Lotto.9-E41_Planimetria Catastale
Foto sopralluogo		
File grafici		DE_Lotto.9-E41-AllegatoC-Grafici

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
	Allegato C E41	26.04.118	“Allegato C Report di indagine termografici”

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

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO D Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	27.04.18	Lotto.9_Report prove diagnostiche strumentali_E41.doc

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO E Relazione di dettaglio di dei calcoli	26.04.18	DE_E41_Baseline – Calcoli.rtf

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO F Certificato CTI Software	26.04.18	CertCTI.pdf

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	2/5/18	2018_21181.pdf

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE SCENARIO 15 ANNI	2/5/18	DE_E41_APE_SCN15anni_LED_VALVOLE_SOTT_GENERATORE - APE2015.rtf
APE SCENARIO 25 ANNI	2/5/18	DE_E41_APE_SCN25anni_CAPPOTTO_GENERATORE_VALVOLE_LED_SOTTOT_COPERT - APE2015.rtf



## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO I Dati climatici	26.04.18	GG_Lotto.9-E41.SANT.ILARIO.xls

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO J Schede Audit	27.04.18	E 41_Scheda Audit_Template_rev2.xls

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO K Schede ORE	26.04.18	Schede ORE_E 41.doc

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
ANALISI PEF E41	3/5/18	E41_AnalisiPEF.xlsx

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO M Report di Benchmark	26.04.18	Lotto.9_benchmark E41.doc

**ALLEGATO N – CD-ROM**