

# SCUOLA MATERNA INFANZIA COMUNALE "S.DESIDERIO" e SCUOLA ELEMENTARE "SAN DESIDERIO"

**E.273**

**VIA AMEDEO CASABONA N. 3 e 5**

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA**

**FONDO KYOTO - SCUOLA 3**



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



**ENVIRONMENT  
PARK** Parco Scientifico  
Tecnologico per l'Ambiente

---

# **SCUOLA MATERNA INFANZIA COMUNALE "S.DESIDERIO" e SCUOLA ELEMENTARE "SAN DESIDERIO"**

## **E.273**

**VIA AMEDEO CASABONA N. 3 e 5**

**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

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	15/05/2018	Daniela Di Fazio	Sergio Ravera Daniela Di	Stefano Dotta	Prima Pubblicazione
		Stefano Dotta	Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			
B	19/07/2018	Daniela Di Fazio	Sergio Ravera Daniela Di	Stefano Dotta	Seconda Pubblicazione
		Stefano Dotta	Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			

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>III</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
1.1 PREMessa .....	5
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	5
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	6
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	6
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	7
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	11
<b>2 DATI DELL'EDIFICIO.....</b>	<b>12</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	12
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO .....	12
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI.....	13
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	14
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>16</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	16
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	17
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	17
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>19</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....	19
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	19
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	20
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	22
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	22
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	23
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	24
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	26
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	27
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	28
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	29
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>31</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	31
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	31
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	35
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	38
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>43</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	43
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	44
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	45
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	45
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	47
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>50</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	50
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	50
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	55
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	58
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	58
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	59

<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>60</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	60
8.1.1	<i>Involucro edilizio .....</i>	60
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	68
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria .....</i>	71
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	71
8.1.5	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	73
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>76</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	76
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	83
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO .....	94
9.3.1	<i>Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni .....</i>	96
9.3.2	<i>Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni .....</i>	102
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>109</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	109
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	109
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	111
	<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		1957
Anno di ristrutturazione		-
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> ]	746,73
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	1630,48
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3502,11
Rapporto S/V	[1/m]	0,47
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	946,83
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	206,97
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1153,80
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore di calore	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	174
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[-]
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler elettrici e generatore autonomo a gas	
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	37
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>it</sub> /anno]	80.558
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	6.746
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>ei</sub> /anno]	15.633
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.423

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Realizzazione cappotto termico
- EEM 2: Coibentazione sottotetto
- EEM 3: Insufflaggio intercapedine pareti esterne con fiocchi di cellulosa
- EEM 4: Sostituzione infissi
- EEM 5: Installazione impianto di termoregolazione
- EEM 6: Efficientamento impianto di illuminazione
- EEM 7: Sostituzione del generatore di calore
- EEM 8: Installazione impianto fotovoltaico
- SCN 1: Coibentazione sottotetto, Installazione di sistemi di termoregolazione, Installazione di un nuovo generatore di calore, Installazione impianto fotovoltaico
- SCN 2: Coibentazione pareti esterne perimetrali, Coibentazione sottotetto, Installazione di sistemi di termoregolazione, Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led, Installazione di un nuovo generatore di calore, Installazione impianto fotovoltaico

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												
	%ΔE [%]	%ΔCO <sub>2</sub> [%]	ΔC <sub>E</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MO</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MS</sub> [€/anno]	I <sub>0</sub> [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	16	16,6	1.625,1	0,0	0,0	-46.811	14,7	25,0	2.600>0	4,7	0,06	n/a	n/a
EEM 2	11,1	11,5	1.127,2	0,0	0,0	-7.738	4,3	4,8	14.345>0	19,3	1,85	n/a	n/a
EEM 3	5,9	6,2	602	0,0	0,0	-13.162	20	34	-1.606<0	2,9	-0,12	n/a	n/a
EEM 4	14,5	2,0	206,9	0,0	0,0	-	49,3	73,6	-59.747<0	-3,6	-0,61	n/a	n/a
EEM 5	2	2,1	207	0,0	0,0	-1.331	6,5	7,7	798>0	12,4	0,60	n/a	n/a
EEM 6	6,1	5,6	616	0	0	-26.511	11,5	12,9	-10.401<0	-11,1	-0,39	n/a	n/a
EEM 7	7,6	6,7	655	2.360	627	-15.441	3,2	3,5	25.110>0	26,9	1,63	n/a	n/a
EEM 8 15anni	22,3	20,5	2.269	0	0	-26.484	11,3	15,5	4.348	6	0,16	n/a	n/a
EEM 8 25anni	23,1	21,2	2.344	0	0	-26.484	10,9	14,7	5.246	6,4	0,2	n/a	n/a
SCN 1	41,3	40,3	3.277*	1.841*	489*	50.993	3,1	3,9	5.546	25,2	10,9	1,2	1,3
SCN 2	60,8	60	4.824*	1.841*	489*	124.315	3,9	9	15.043	19	12	1,1	1,7

\*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

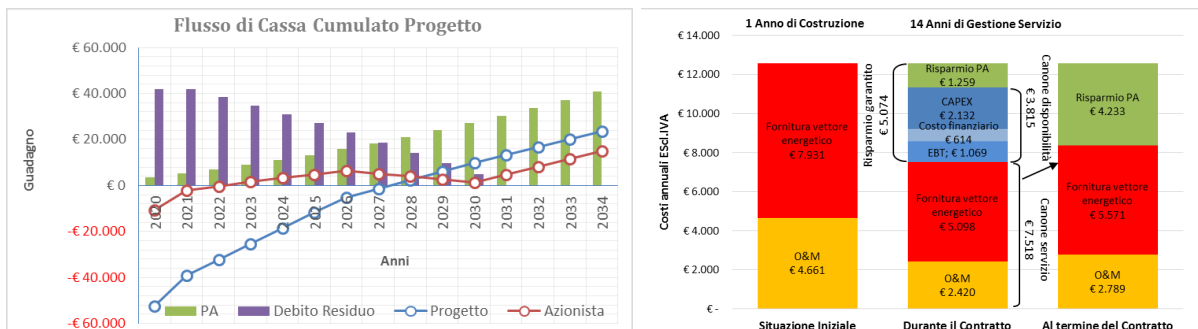
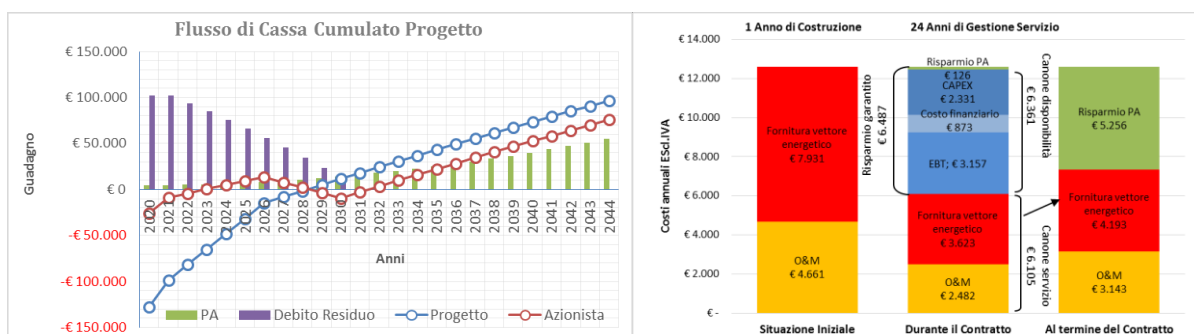


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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

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

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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a ovest







Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	946,83
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	206,97
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1153,80
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	174
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[-]
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici e generatore autonomo a gas
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	37
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>tit</sub> /anno]	80.558
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	6.746
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>re</sub> /anno]	15.633
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.423

Nota (1): Valori di Baseline

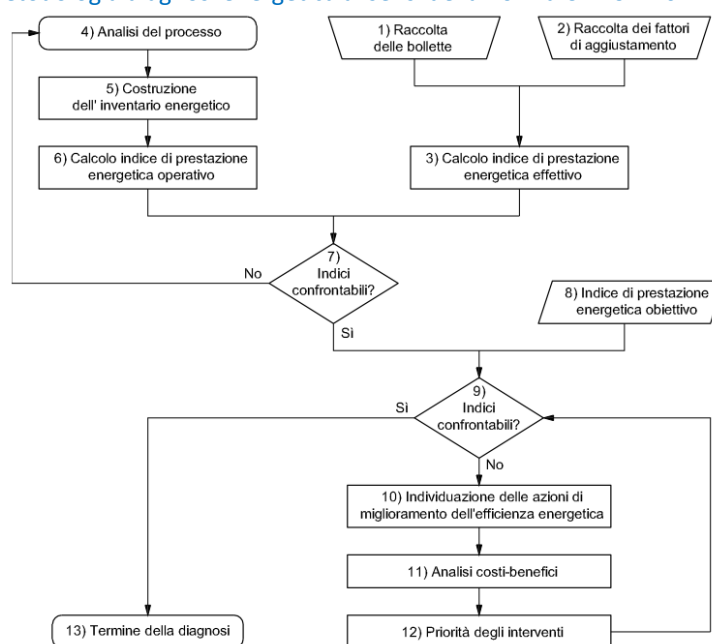
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- 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;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- 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;
- 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;
- 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;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Genova Quezzi e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- 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>);
- 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 inferiore 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

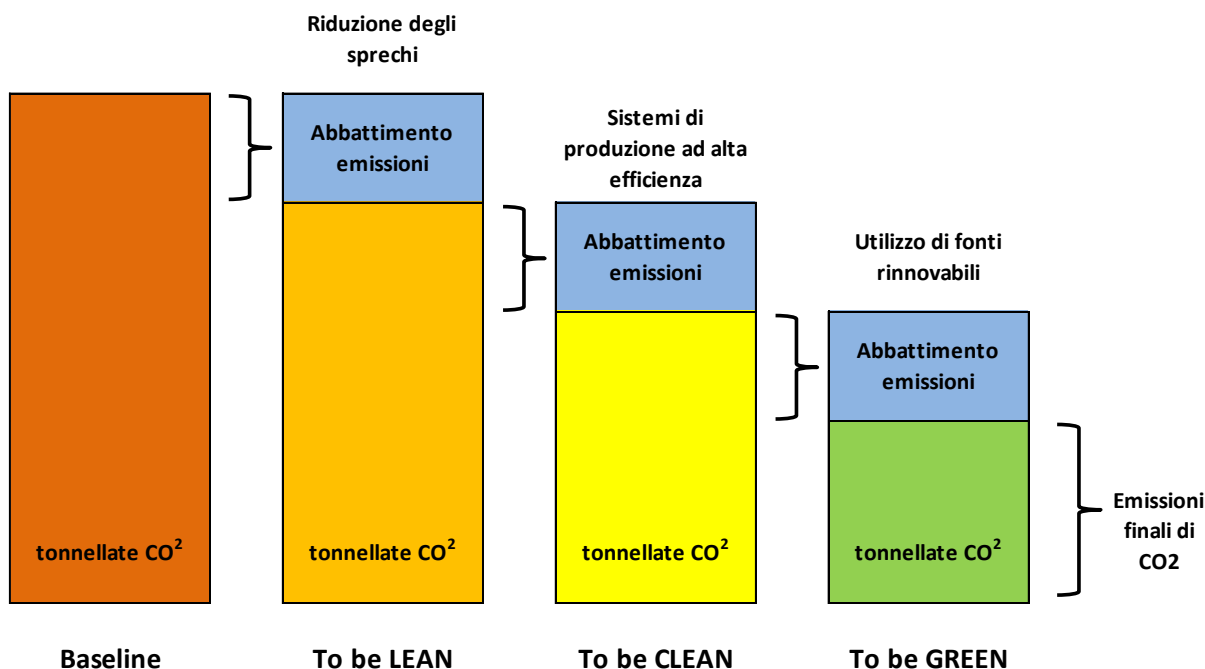


Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modello di gerarchia energetica riportato in

---

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

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 dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

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

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

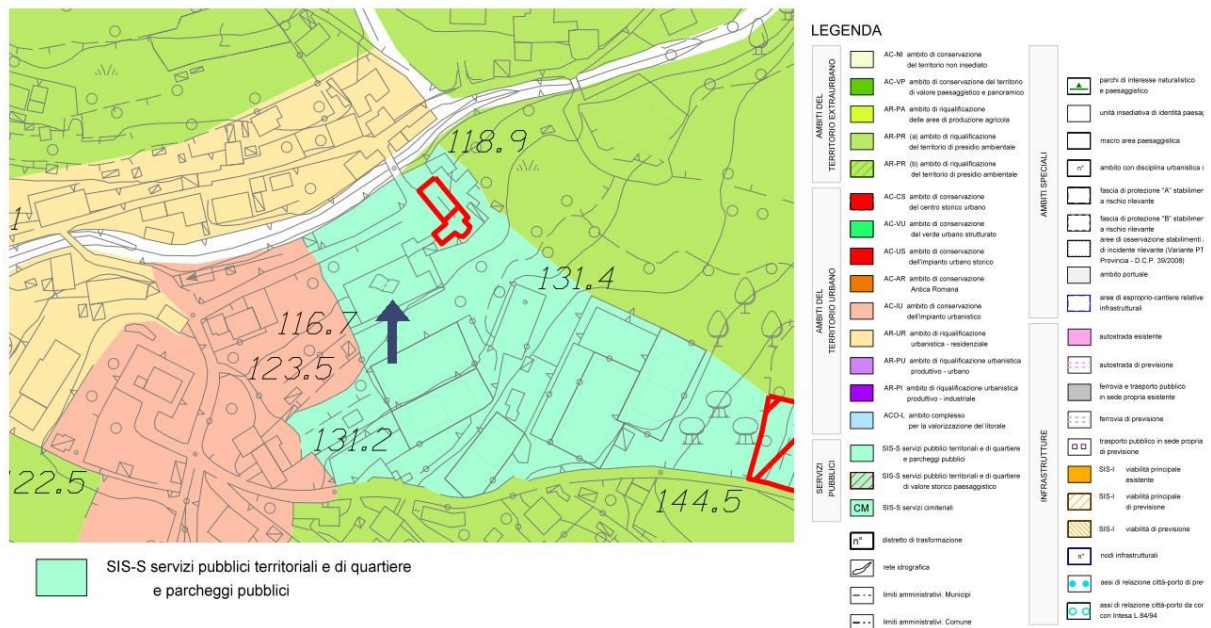
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S ambito che disciplina destinazioni d'uso quali: servizi pubblici e parcheggi pubblici. Tra le attività complementari disciplina anche le zone di connettività urbana funzionali per la riqualificazione e conservazione e parcheggi privati pertinenziali o liberi da asseveramento.

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 1957 e si presenta allo stato originario. Attualmente è adibito a scuola materna ed elementare quindi ai sensi DPR 412/93 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'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è 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 interesse culturale vista la destinazione dell'edificio ad uso scolastico. L'intervento può sensibilizzare alunni e genitori sulle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da due piani fuori terra, al piano primo sono presenti le aule della scuola materna al piano secondo della scuola elementare.

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



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.

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>
Primo	Ingresso, aule scuola materna, sala medica, servizi igienici, refettorio	[m <sup>2</sup> ]	496,64	368,24	0,00
Secondo	Aule scuola elementare, zone di distribuzione, servizi igienici, refettorio	[m <sup>2</sup> ]	450,19	378,49	0,00
TOTALE		[m <sup>2</sup> ]	946,83	746,73	0,00

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

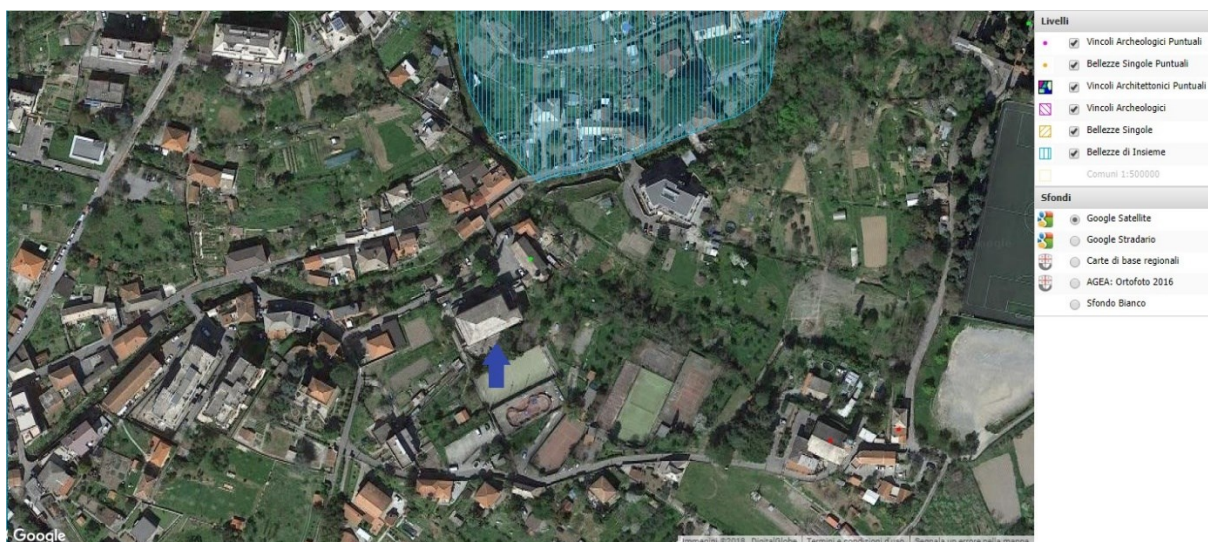
Nota (3): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

Situata nel levante del territorio comunale, il quartiere è caratterizzato da un paesaggio dove la componente naturalistica mediterranea si alterna con equilibrio all'edificazione contrassegnata a tratti con insediamenti sparsi. Nel 1926, insieme ad altri comuni del genovesato, per costituire Grande Genova.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli





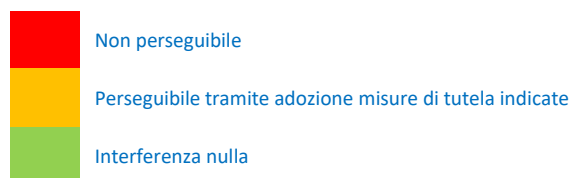
Una verifica effettuata sul portale della Regione Liguria dedicato agli edifici vincolati ([www.liguriavincoli.it](http://www.liguriavincoli.it)). Sul bene non insiste alcun vincolo architettonico.

Nell'analisi delle EEM non si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Realizzazione cappotto termico	-		-
EEM 2: Coibentazione sottotetto	-		-
EEM 3: Sostituzione infissi	-		-
EEM 4: Installazione impianto di termoregolazione	-		-
EEM 5: Efficientamento impianto di illuminazione	-		-
EEM 6: Sostituzione del generatore di calore	-		-
EEM 7: Installazione impianto fotovoltaico	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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.

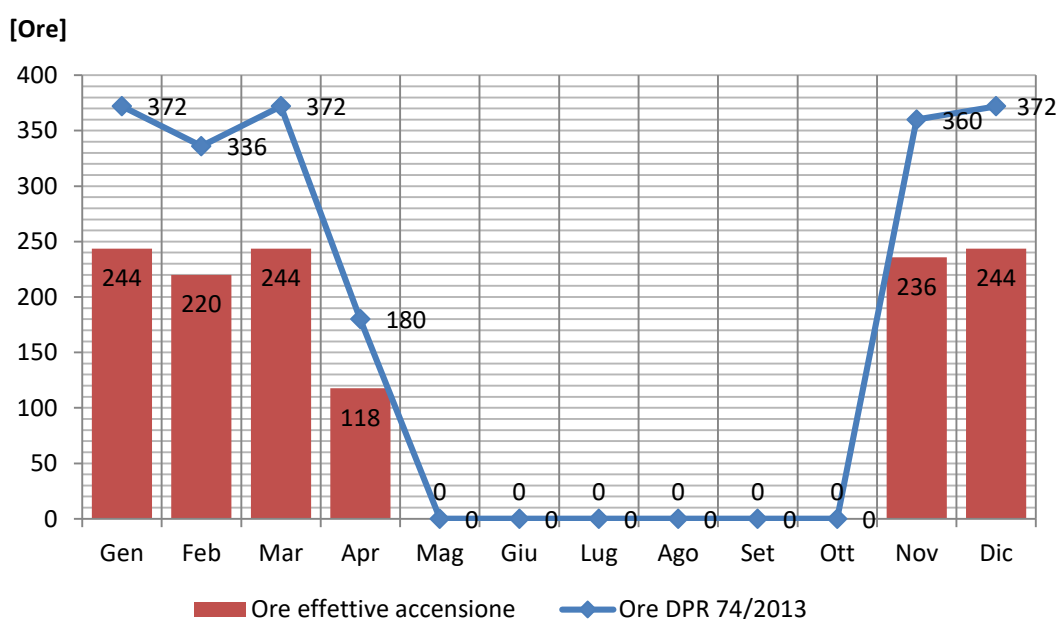
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ottenuti tramite colloquio col personale amministrativo e dirigente scolastica, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dagli uffici preposti del Comune di Genova.

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 SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Dal lunedì al venerdì	7.30-17.30	7.00 – 18.00
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Dal lunedì al venerdì	7.30-17.30	[-]

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



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 990 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

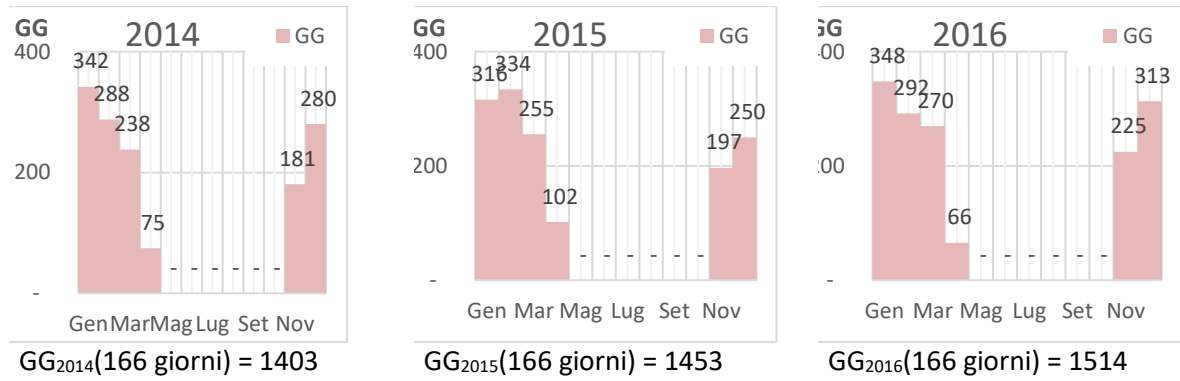
Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera 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	56	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>989</b>	<b>100%</b>



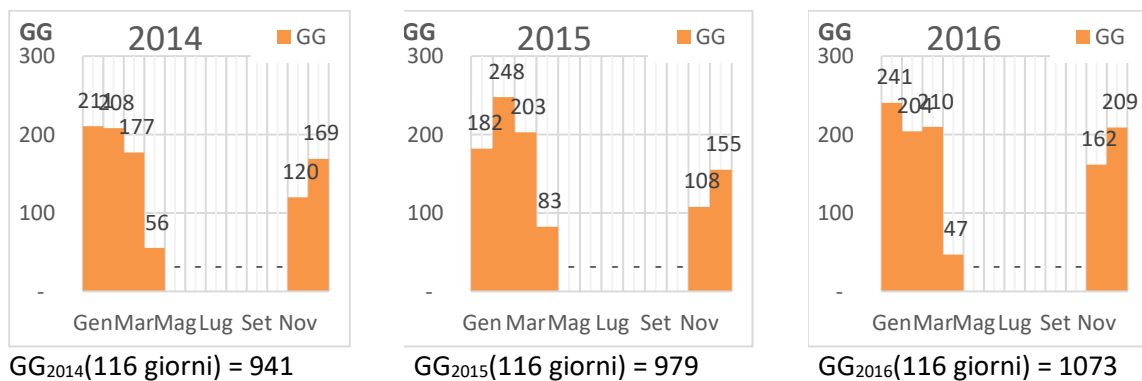


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 941, 979 e 1073 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<sub>real</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



## 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 realizzato in struttura portante in calcestruzzo armato con murature di tamponamento in laterizio a cassavuota senza coibentazione.

I solai dell'edificio sono in latero cemento privi di coibentazione compreso il solaio verso sottotetto di cui si riporta un particolare nella fotografia 4.2.

Le stratigrafie murarie sono pressoché costanti in tutto l'edificio ad eccezione delle porzioni di muratura sottofinestra.

Nel piano terreno dell'edificio sono presenti dei locali non accessibili (in quanto di proprietà privata) prevalentemente non riscaldati.

Figura 4.1 – Facciata nord dell'edificio



Il l'ultimo solaio dell'edificio disperde verso un sottotetto chiuso senza aperture di ventilazione continue. La superficie presenta alcuni detriti ma è priva di coibentazione.

Figura 4.2 - Particolare del solaio verso sottotetto non riscaldato



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

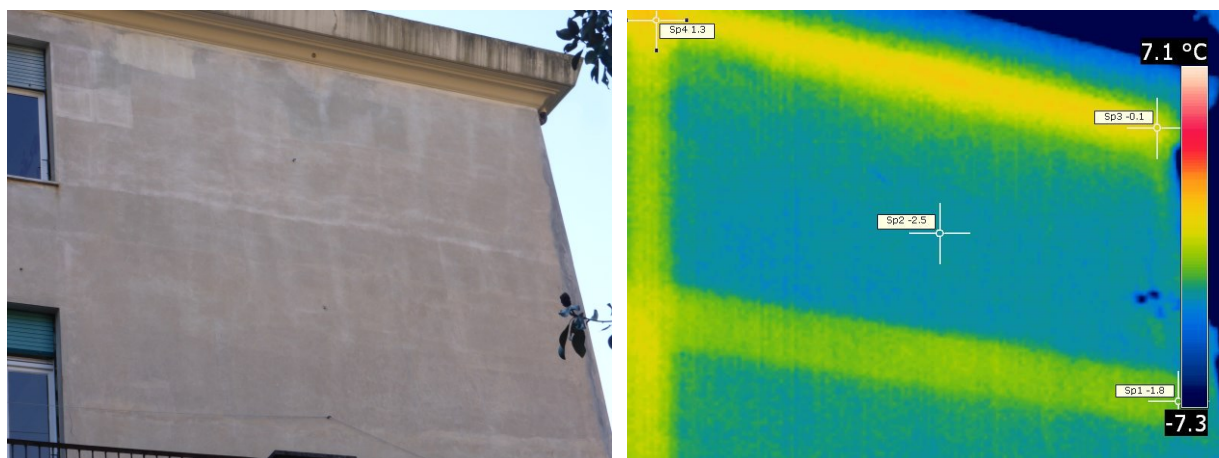
- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR ThermaCAM E45 secondo le seguenti modalità si sono misurate le condizioni climatiche esterne (Temperatura dell'aria e umidità relativa), rilevate le caratteristiche di emissività della superficie e la temperatura riflessa sulla superficie. Ci si posiziona davanti all'oggetto e si effettua la foto congiuntamente con la misura della distanza.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Appare evidente nella termografia la struttura portante dell'edificio in pilastri e travi
- La struttura a telaio dell'edificio è tamponata con muratura in laterizio

- Sono evidenti le dispersioni in corrispondenza delle travi di bordo e dei pilastri dell'edificio, tale differenza di temperatura avvalsa l'ipotesi di una struttura in laterizio di tamponamento.

Figura 4.3 – Rilievo termografico di una porzione di parete esposta a nord



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	M1	40,0	Assente	1,155	Sufficiente
Parete verticale	M2	31,5	Assente	1,155	Sufficiente
Parete verticale	M3	45,5	Assente	1,259	Sufficiente
Parete verticale	M4	8,0	Assente	2,875	Sufficiente
Parete verticale	M5	40,0	Assente	1,046	Sufficiente
Pavimento	P2	31,0	Assente	1,354	Sufficiente
Soffitto	S1	26,0	Assente	1,830	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

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti

composto prevalentemente da in legno con vetro singolo. Sono presenti alcuni serramenti in alluminio senza taglio termico nelle ingresso e scala.

Lo stato di conservazione degli stessi è insufficiente in quanto si generano rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti, causando elevate dispersioni termiche e creando discomfort.



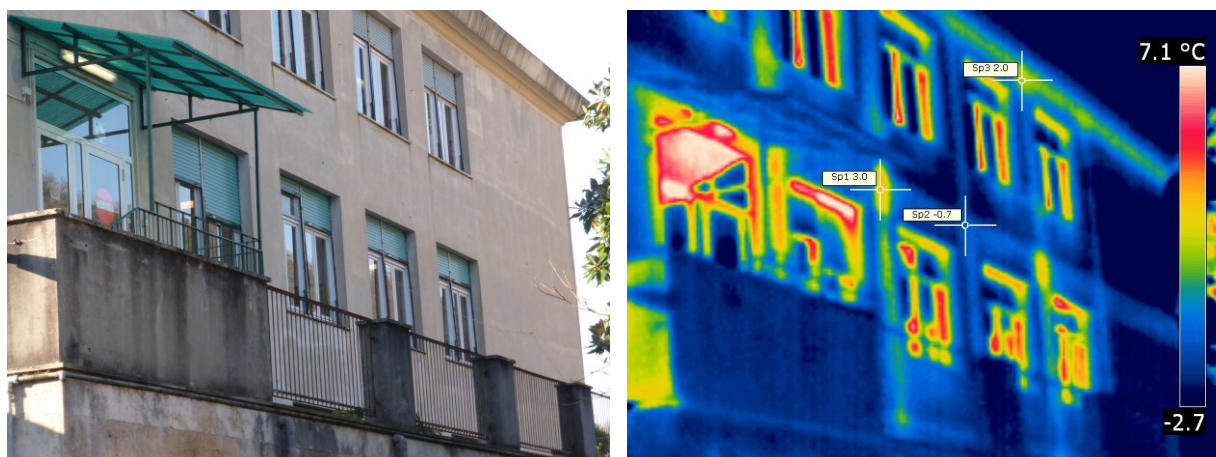
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo dettagliato di tutti i telai dei serramenti dell'edificio
- Misurazione diretta degli spessori dei vetri dei serramenti mediante spessivetro
- Misuratore laser per le corrette verifiche dimensionali
- Termografia dei telai

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Presenza di serramenti in legno con elevate dispersioni in corrispondenza dei cassonetti ed in corrispondenza dell'installazione sulla parete

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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



Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W1	216X253	Legno	Vetro singolo	4,175	Scadente
Serramento verticale	W2	217X105	Legno	Vetro singolo	4,268	Scadente
Serramento verticale	W3	63X84	Legno	Vetro singolo	3,638	Scadente
Serramento verticale	W5	274X190	Legno	Vetro singolo	4,383	Scadente
Serramento verticale	W6	300X190	Alluminio	Vetro singolo	6,193	Sufficiente
Serramento verticale	W7	154X63	Metallo	Vetro singolo	7,000	Scadente
Serramento verticale	W100	304X125	Legno	Vetro singolo	3,984	Scadente
Serramento verticale	W101	208X125	Legno	Vetro singolo	4,598	Scadente
Serramento verticale	W102	212X120	Alluminio	Vetro singolo	6,220	Sufficiente
Serramento verticale	W103	302X120	Alluminio	Vetro singolo	6,328	Sufficiente
Serramento verticale	W104	216X121	Legno	Vetro singolo	4,366	Scadente
Serramento verticale	W105	106X252	Legno	Vetro singolo	4,189	Scadente
Serramento verticale	W106	106X252	Alluminio	Vetro singolo	6,260	Sufficiente
Serramento verticale	W107	297X240	Alluminio	Vetro singolo	6,063	Sufficiente

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

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da 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 4.6 - Particolare dei radiatori installati nei locali dell'edificio scolastico

- Radiatori a parete



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola materna infanzia comunale e scuola elementare "San Desiderio"	Radiatori	90%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatore installato a parete	16	2.1	33.5	[-]	[-]
Primo	Radiatore installato a parete	19	1.6	31	[-]	[-]
<b>TOTALE</b>		<b>35</b>	<b>1.85</b>	<b>64.5</b>	<b>[...]</b>	<b>[...]</b>

Nota (5): La potenza termica di ciascun terminale è stata ottenuta secondo le disposizioni della norma EN 442-2, considerando un deltaT pari a 50 °C.

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 4.7 - Particolare del pannello di controllo di dell'impianto termico



Figura 4.8 – Orologio a servizio dell'impianto termico



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 materna infanzia comunale e scuola elementare "San Desiderio"	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 (funzionamento alternato) asservita al circuito di mandata;
- 3) Valvola miscelatrice;

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>(5)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(5)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(6)</sup> [kW]
Scuola materna infanzia comunale e scuola elementare "San Desiderio"	Dab EB mandata acqua calda a radiatori (gemellare)	8.8	40	0.2

Nota (6): Valori ricavati da dati di targa

Nota (7): Valori ricavati da sopralluogo

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

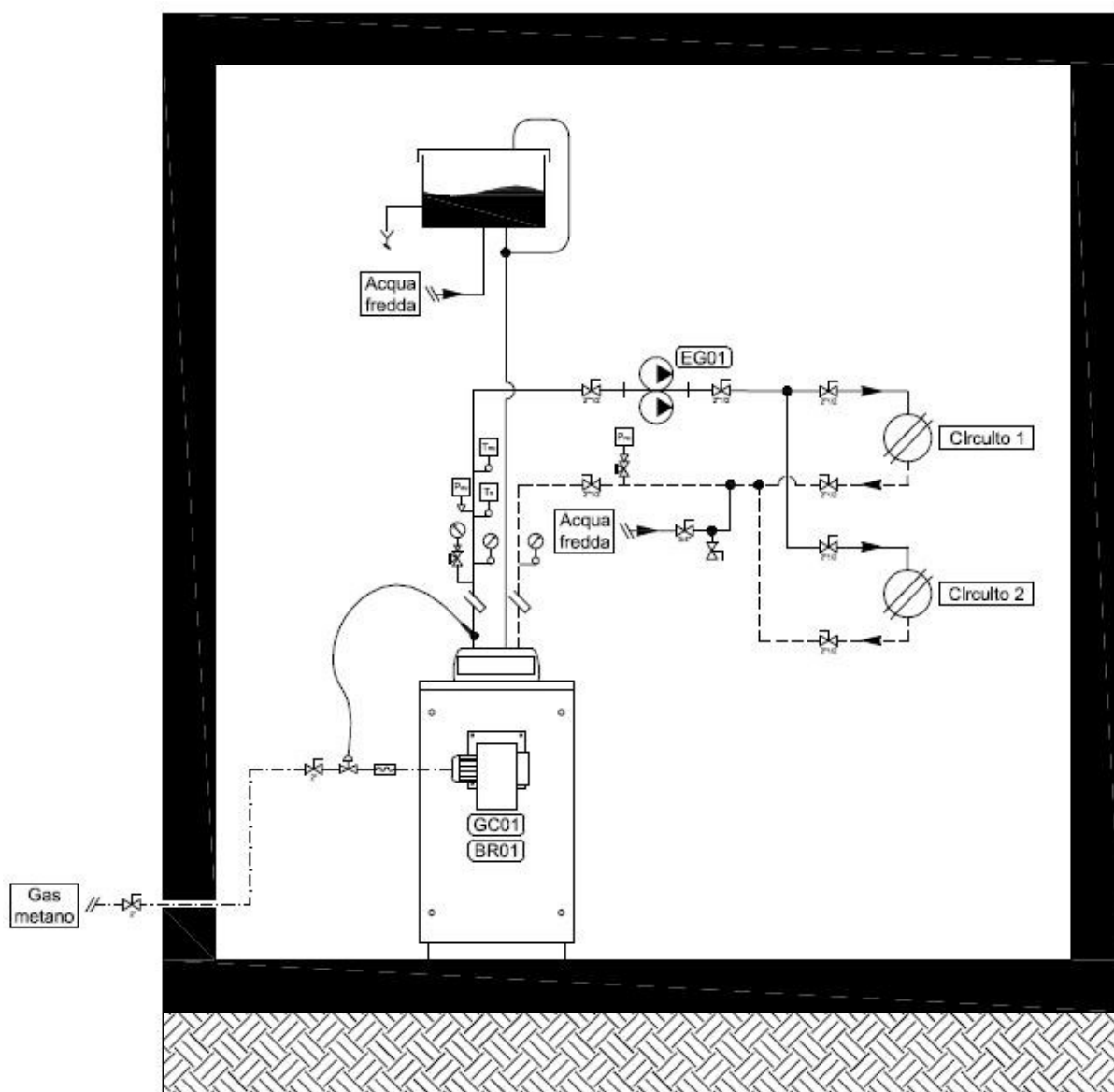
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(8)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Scuola materna infanzia comunale e scuola elementare "San Desiderio"	Mandata	Caldo	60	59
Scuola materna infanzia comunale e scuola elementare "San Desiderio"	Ritorno	Caldo	50	47

Nota (8): Valori rilevati il giorno 13/12/2017 alle ore 11.30, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 12°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 4.9 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 157-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione pari al 91% 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 Thermital modello THE/LT 174 con bruciatore bistadio Thermital TS 2.4.

Figura 4.10 - Particolare della caldaia Thermital THE/LT 174    Figura 4.11 - Particolare della targa della caldaia 174



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO <sup>(10)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	Thermital	THE7LT 174	2000	174	159	95.2%	0.53

Nota (9): Valore ricavato tramite letture dei dati di targa rilevati in sede di sopralluogo

Nota (10): 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 83.6%.

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 e/o 6.2 dell' Allegato J – Schede di audit.

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

La produzione è eseguita tramite due bollitori elettrici ad accumulo installati all'interno dei locali

Figura 4.12 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

adibiti a servizi igienici con una potenza complessiva di 2.4 kW e di una caldaia murale a gas della potenza di 24.5 kW.  
 Quest'ultima caldaia è adibita esclusivamente alla produzione di ACS per il locale della cucina.



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.9 e Tabella 4.10.

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

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	92.6%	[-]	[-]	75%	28.7%

Nota (11) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria caldaia murale a gas

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	92.6%	[-]	[-]	86.5%	76.3%

Nota (11) 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 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 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

LOCALE TERMICO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA	POTENZA	ORE ANNUE DI
----------------	-------------	--------	---------	---------	--------------

			NOMINALE	COMPLESSIVA	UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]
1_Aule piano primo	PC	2	65	130	1512
1_Aule piano primo	Stampante	1	550	550	504
1_Aule piano primo	Montavivande	1	330	330	206
1_Aule piano primo	Ventilatore	3	140	420	600
1_Aule piano primo	Frigo	1	220	220	6048
1_Aule piano primo	Lavastoviglie	1	3500	3500	412
7_CORRIDOI PIANO SECONDO	Stampante	3	550	1650	412
7_CORRIDOI PIANO SECONDO	PC	2	65	130	1236
5_AULE PIANO SECONDO	PC	7	65	455	500
5_AULE PIANO SECONDO	LIM	1	150	150	618

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, al rilevamento dei dati di targa dei singoli dispositivi e all'intervista dell'utenza per meglio comprenderne le modalità di utilizzo. Non si è ritenuto necessario procedere con attività diagnostiche degli impianti elettrici data la tipologia e l'uso degli stessi.

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 a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, aule, uffici e servizi igienici.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

LOCALE TERMICO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
1_Aule piano primo	Neon	40	36	1440
2_LOCALI SERVIZIO PIANO PRIMO	Neon	9*36W+2*18W	18-36	360
3_CORRIDOI PIANO PRIMO	Neon	6	36	216
4_BAGNI PIANO PRIMO	Neon	5	36	180



5_AULE PIANO SECONDO	Neon	44	36	1584
6_LOCALI DI SERVIZIO PIANO SECONDO	Neon	5	36	180
7_CORRIDOI PIANO SECONDO	Neon	2*18W+8*36W	18-36	324
8_BAGNI PIANO SECONDO	Neon	2*18W+2*36W	18-36	108
9_Vano scala	Neon	1*18W+2*36W	18-36	90

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 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel vano scala



## 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura e la produzione di ACS è il Gas Metano.

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

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

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

Nota (12) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica.

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 de 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 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270050022592	Riscaldamento	8.579	6.737	7.465	80.815	63.462	70.320
03270034907062	Produzione ACS	876	1.443	715	8.252	13.593	6.735

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto, esclusivamente per il PDR2, alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento.

I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati ricavati da società di distribuzione (PDR1) e di fornitura (PDR2)

PDR: 03270050022592	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.105	1.262	1.648	19.825	11.884	15.528
Febbraio	1.817	1.719	1.405	17.112	16.195	13.233
Marzo	1.816	1.616	1.647	17.110	15.224	15.516
Aprile	256	318	172	2.412	2.996	1.621
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	1.119	777	1.174	10.538	7.322	11.058
Dicembre	1.467	1.045	1.419	13.818	9.841	13.365
<b>Totale</b>	<b>8.579</b>	<b>6.737</b>	<b>7.465</b>	<b>80.814</b>	<b>63.463</b>	<b>70.320</b>
PDR: 03270034907062	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	-	130	-	-	1.225
Febbraio	-	-	143	-	-	1.347
Marzo	-	330	132	-	3.109	1.243
Aprile	-	-	57	-	-	537
Maggio	-	-	20	-	-	188
Giugno	-	144	4	-	1.356	38
Luglio	-	14	16	-	132	151
Agosto	-	13	16	-	122	151
Settembre	-	18	18	-	170	170
Ottobre	-	18	9	-	170	85
Novembre	-	105	194	-	989	1.827
Dicembre	-	406	242	-	3.825	2.280
<b>Totale</b>	<b>-</b>	<b>1.048</b>	<b>981</b>	<b>-</b>	<b>9.872</b>	<b>9.241</b>

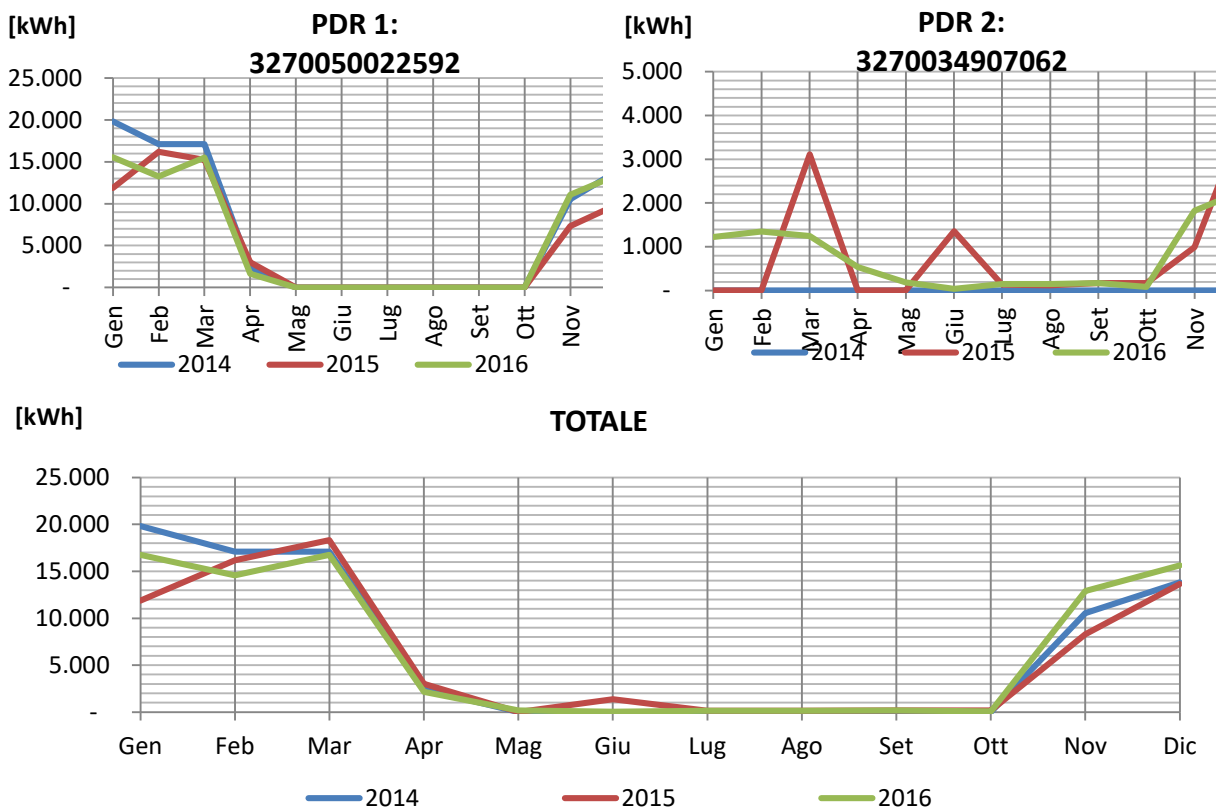
Nota (13) per il PDR 1: Esclusivamente per l'anno 2014 si riporta in consumo in kWh come somma dei due consumi di metano e gasolio. Per il PDR2 mancano le fatturazioni dell'anno 2014.

L'analisi dei consumi storici di Gas metano è stata effettuata in base alla disponibilità delle fatturazioni. L'esame del PDR 03270050022592 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".

Il PDR 03270034907062 si basa sulla base dei m<sup>3</sup> di gas rilevati dalla società di fornitura nel triennio di riferimento. Per il PDR2 non sono disponibili le fatture dell'anno 2014 e che i valori qui sopra inseriti fanno riferimento principalmente a letture stimate. Non sono state disposte, da parte dei fornitori, letture reali mensili (le uniche letture rilevate corrispondono ai cambi gestore nei mesi marzo/aprile e nella parte finale del 2016), per cui l'andamento proposto dalle tabelle e dai grafici non corrisponde con esattezza al reale consumo.

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è influenzato da consumi stimati del PDR 2 che non sono coerenti di anno in anno, con dei picchi nel mese di giugno 2015 e nei mesi invernali tra il 2015 e 2016 ed un andamento del 2015 opposto a quello del 2016. Ciò non rende attendibile il confronto ad un consumo "reale". Il PDR1 è stato strutturato in base al periodo di funzionamento ed i Gradi Giorno.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG<sub>real</sub> del triennio di riferimento si può notare che il consumo da baseline ottenuto come somma del PDR 1 e 2 si discosta da quello fornito dalla PA perché, con buona approssimazione, non corrisponde al reale prelievo.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato esclusivamente ad uso riscaldamento per il PDR1. L'acqua calda sanitaria utilizza sia un altro contatore gas che un altro vettore energetico.

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

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

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

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

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi non sono serviti da questo contatore.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sup>REALI</sup> SU 116 GIORNI	GG <sup>RIF</sup> 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	941	990	8.579	80.837	85,9	85.076	-	-
2015	979	990	6.737	63.481	64,9	64.215	-	-
2016	1.073	990	7.465	70.340	65,6	64.932	-	-
<b>Media</b>	<b>997</b>	<b>990</b>	<b>7.594</b>	<b>71.553</b>	<b>71,7</b>	<b>71.031</b>	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di importanti interventi di efficientamento. Nel 2014 si è sostituito il vettore energetico convertendo la centrale termica da gasolio e metano. È possibile che queste riduzioni possano essere riconducibili ad un utilizzo diverso dei locali congiuntamente a fattori climatici.

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]
$\bar{Q}_{ACS}$	9.592
$\bar{Q}_{ALTRO}$	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	71.956
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>83.764</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola Materna Infanzia Comunale "S.Desiderio"
- Scuola Elementare "San Desiderio"

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]
IT001E00096691	Scuola elementare e materna	15.887	14.655	16.357	15.633
<b>TOTALE</b>		<b>15.887</b>	<b>14.655</b>	<b>16.357</b>	<b>15.633</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-E273) e sono emerse le seguenti differenze:

2014 : 17.818 kWh (-12%)

2015 : 16.889 kWh (-15%)

2016 : 17.858 kWh (-9%)

Media : 17.522 kWh (-12%)

I consumi rilevati dalla fatturazione sono mediamente più bassi del 12% rispetto quelli rilevati 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 15.633 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: IT001E00096691	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.445	250	384	2.079
Febbraio	1.351	208	258	1.817
Marzo	1.260	173	220	1.653
Aprile	1.160	156	210	1.526
Maggio	1.060	146	184	1.390
Giugno	699	112	180	991
Luglio	120	72	123	315

Agosto	71	59	98	228
Settembre	974	126	157	1.257
Ottobre	1.253	151	179	1.583
Novembre	1.164	149	227	1.540
Dicembre	1.086	163	259	1.508
<b>Totale</b>	<b>11.643</b>	<b>1.765</b>	<b>2.479</b>	<b>15.887</b>
<b>POD: IT001E00096691</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2015</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gennaio	1.375	194	255	1.824
Febbraio	1.283	155	199	1.637
Marzo	1.049	142	188	1.379
Aprile	704	116	156	976
Maggio	1.009	165	245	1.419
Giugno	654	117	177	948
Luglio	76	51	88	215
Agosto	102	55	108	265
Settembre	614	111	175	900
Ottobre	1.238	201	277	1.716
Novembre	1.198	195	268	1.661
Dicembre	1.238	200	277	1.715
<b>Totale</b>	<b>10.540</b>	<b>1.702</b>	<b>2.413</b>	<b>14.655</b>
<b>POD: IT001E00096691</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gennaio	1.250	229	334	1.813
Febbraio	1.348	214	255	1.817
Marzo	1.259	201	285	1.745
Aprile	1.133	199	238	1.570
Maggio	1.175	185	249	1.609
Giugno	663	152	266	1.081
Luglio	253	124	210	587
Agosto	137	83	150	370
Settembre	710	189	240	1.139
Ottobre	966	221	274	1.461
Novembre	1.114	197	294	1.605
Dicembre	1.011	212	337	1.560
<b>Totale</b>	<b>11.019</b>	<b>2.206</b>	<b>3.132</b>	<b>16.357</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.

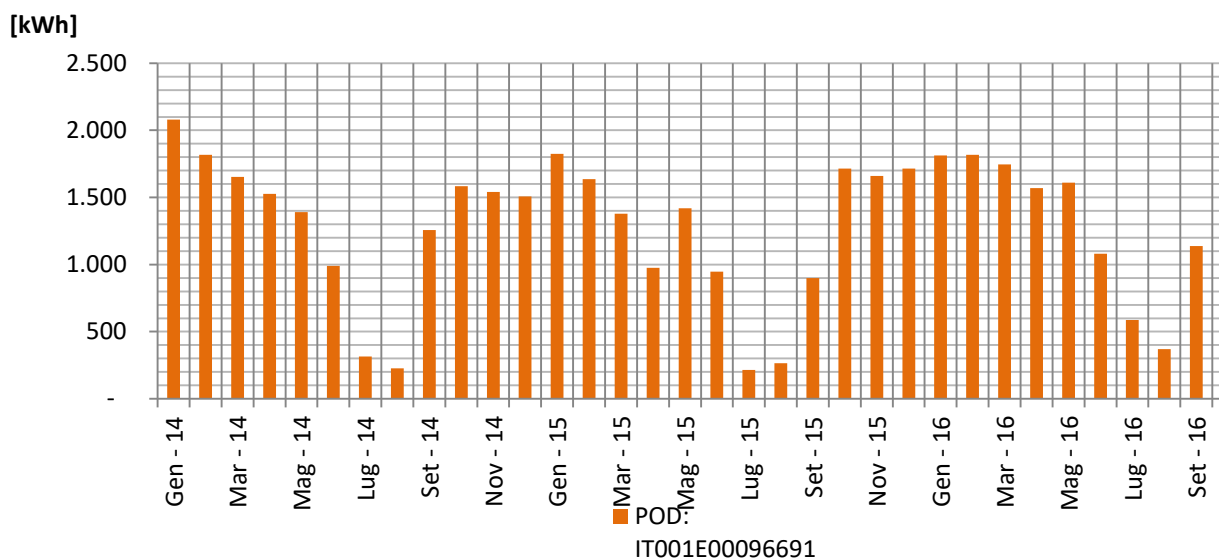
Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

<b>BASELINE</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gennaio	1.357	224	324	1.905
Febbraio	1.327	192	237	1.757

Marzo	1.189	172	231	1.592
Aprile	999	157	201	1.357
Maggio	1.081	165	226	1.473
Giugno	672	127	208	1.007
Luglio	150	82	140	372
Agosto	103	66	119	288
Settembre	766	142	191	1.099
Ottobre	1.152	191	243	1.587
Novembre	1.159	180	263	1.602
Dicembre	1.112	192	291	1.594
<b>Totale</b>	<b>11.067</b>	<b>1.891</b>	<b>2.675</b>	<b>15.633</b>

Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

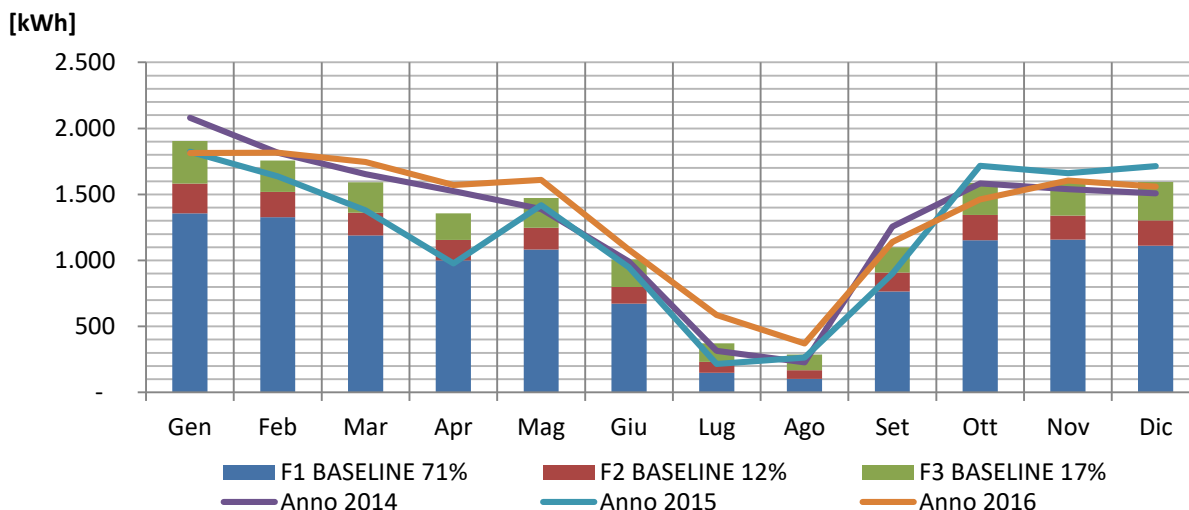
Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili 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

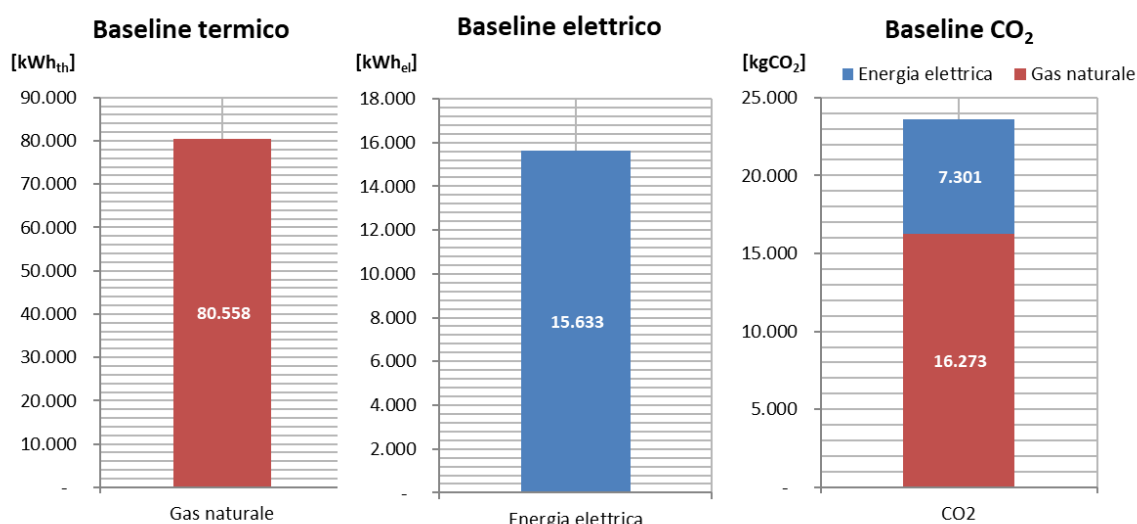
Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.10 e nella

Figura 5.4

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Gas naturale	80.558	0,202	16.273
Energia elettrica	15.633	0,467	7.301

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 in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

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

FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	746,73 m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	787,14 m <sup>3</sup>
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	3582,90 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 [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	80.558	1,05	84.586	113,3	107,5	23,6	21,79	20,67	4,54
Energia elettrica	15.633	2,42	37.832	50,7	48,1	10,6	9,78	9,27	2,04
<b>TOTALE</b>			<b>122.418</b>	<b>164</b>	<b>156</b>	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>7</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/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	80.558	1,05	84.586	113,3	107,5	23,6	21,79	20,67	4,54
Energia elettrica	15.633	1,95	30.484	40,8	38,7	8,5	9,78	9,27	2,04
<b>TOTALE</b>			<b>115.070</b>	<b>154</b>	<b>146</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>7</b>

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

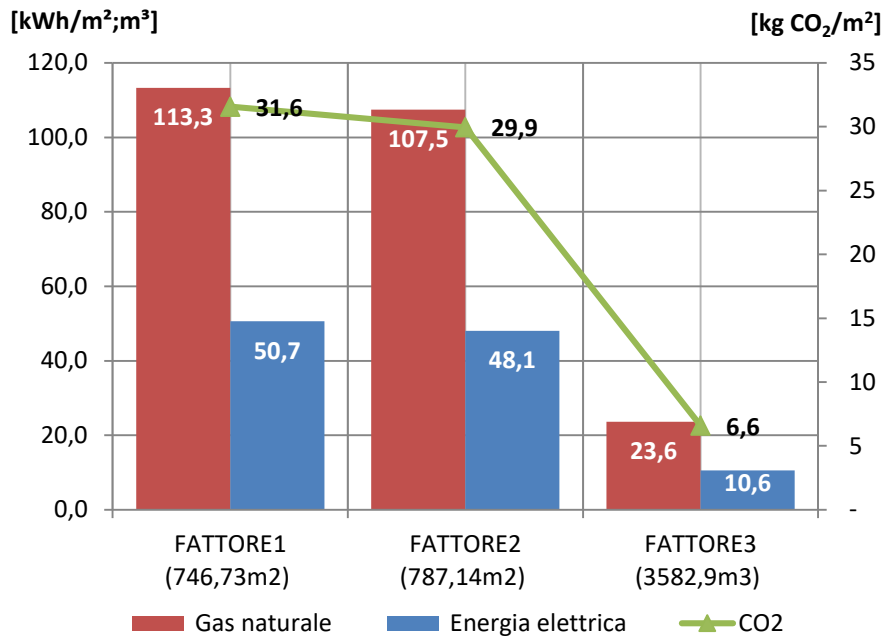
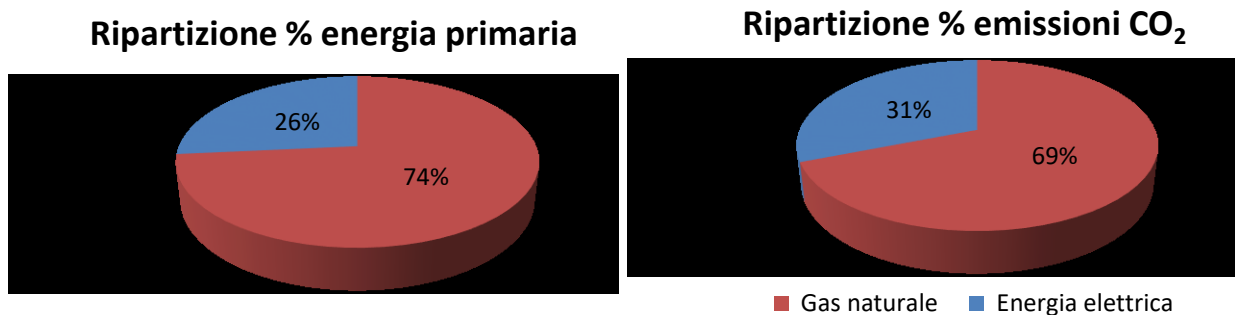


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>



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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>r</sub>			IEN <sub>e</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>2</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	16,38	12,36	12,50	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	19,60	18,58	19,65

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo mediamente classi di merito Sufficiente 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	EP <sub>gl</sub>	217	kWh/mq anno	227	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	163.5	kWh/mq anno	164	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	26.5	kWh/mq anno	29.5	kWh/mq anno
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	22.5	kWh/mq anno	27.9	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	4.6	kWh/mq anno	5.7	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	42.9	Kg/mq anno	45	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	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
	[Nm <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]	
Gas Naturale	12482	130276	
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	
Energia Elettrica	16288	31762	

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

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

Dove:

- $Q_{\text{teorico}}$  è il fabbisogno teorico dell’edificio, come calcolato dal software di simulazione, ed è assunto pari al fabbisogno di energia per la combustione ( $Q_{\text{gn,in}}$ ) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
- $Q_{\text{baseline}}$  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 funzionamento effettivo 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	$EP_{g,nren}$	153.9	kWh/mq anno	162.7	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	$EP_H$	105.6	kWh/mq anno	106	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	25.8	kWh/mq anno	28.8	kWh/mq anno
Ventilazione	$EP_v$	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	$EP_c$	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	$EP_L$	22.5	kWh/mq anno	27.9	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	4.6	kWh/mq anno	5.7	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	29.5	kWh/mq anno	31	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)

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
	[Nm <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]	
Gas Naturale	8399	87660	
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	
Energia Elettrica	15610	34441	

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ( $Q_{\text{baseline}}$ ) così come definito al precedente capitolo 5.1.1 ed il fabbisogno teorico ( $Q_{\text{teorico}}$ ) derivante dalla modellazione energetica.

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

$Q_{\text{teorico}}$ [kWh/anno]	$Q_{\text{baseline}}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
83496	80558	3.5%

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 ( $EE_{\text{baseline}}$ ) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ( $EE_{\text{teorico}}$ ) derivante dalla modellazione energetica.

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

$EE_{\text{teorico}}$ [kWh/anno]	$EE_{\text{baseline}}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
15610	15633	0.14%

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.

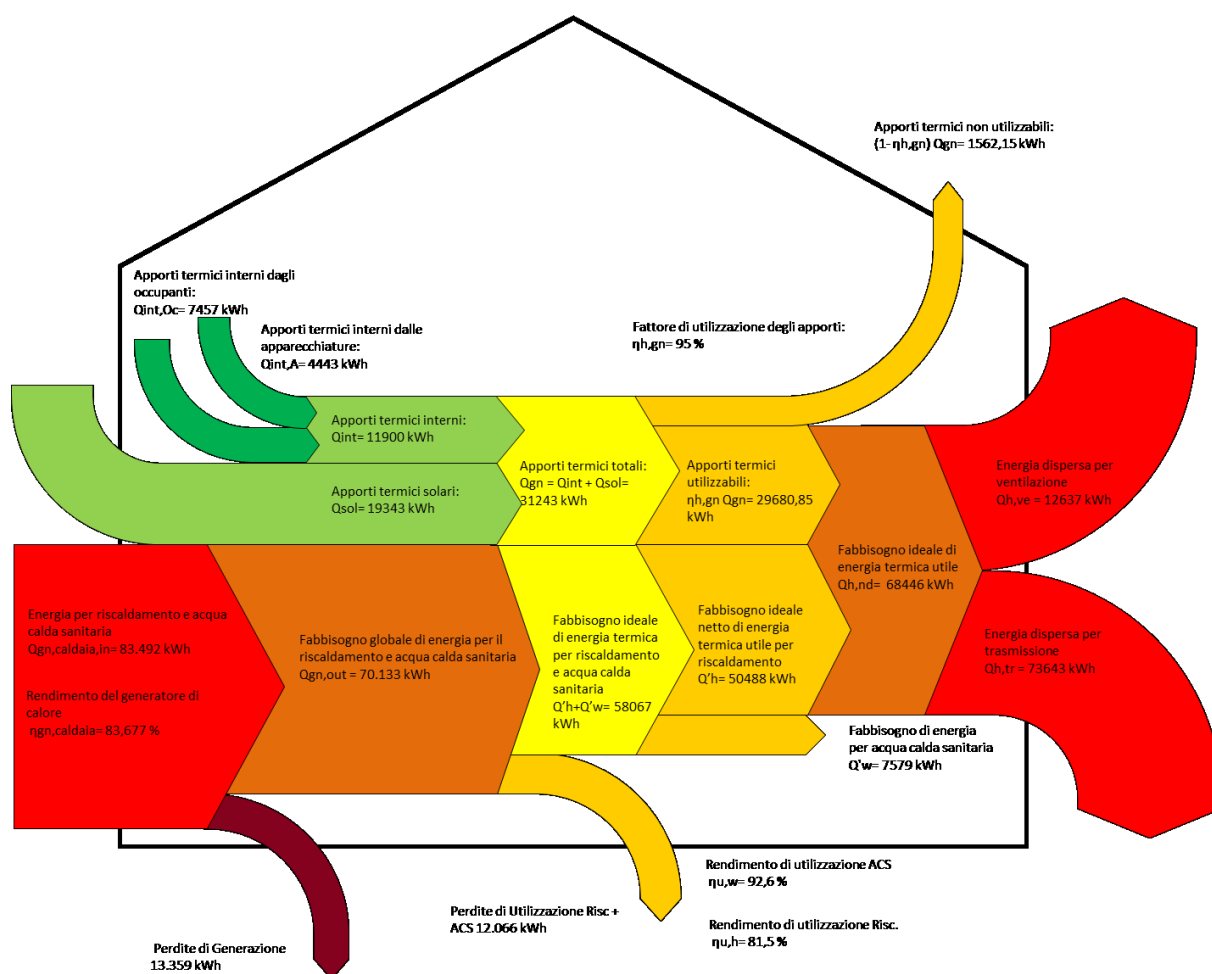
A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria, i risultati del bilancio energetico sono quindi stati rappresentati mediante diagrammi di Sankey.

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

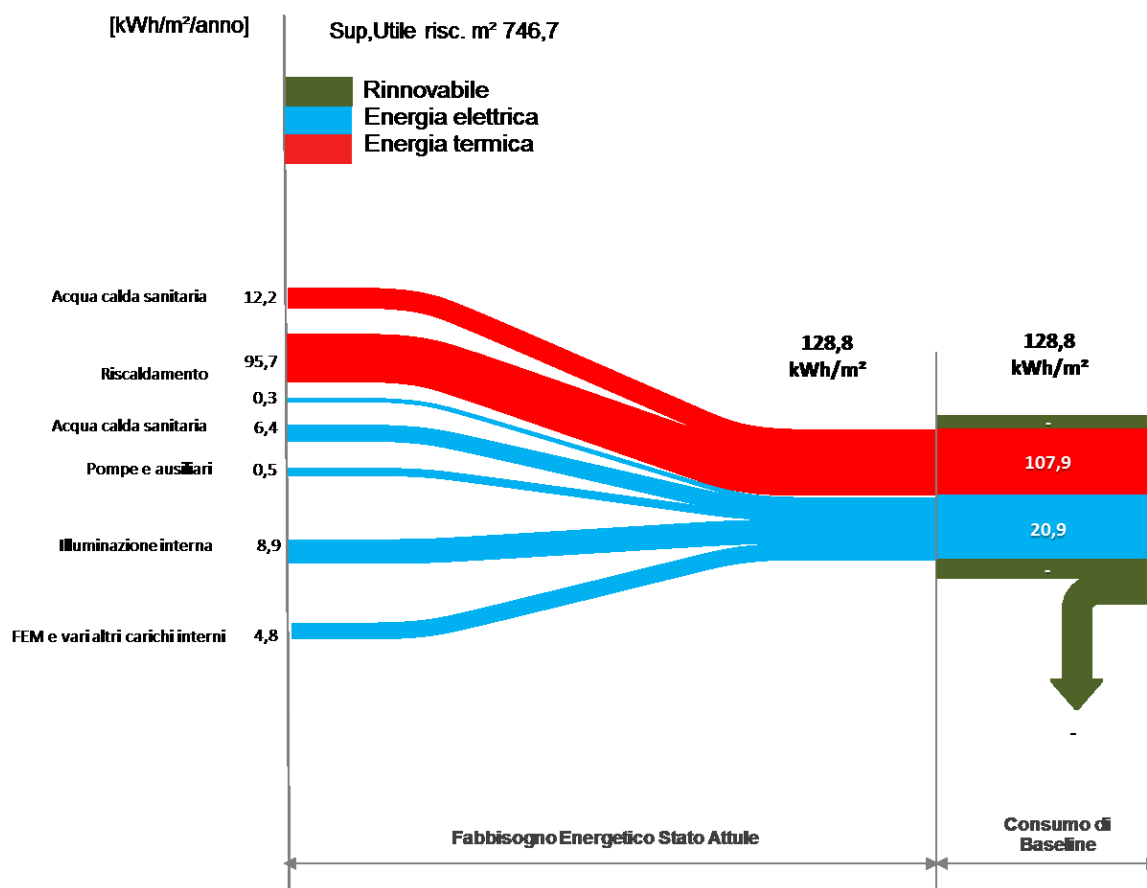
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale





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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio

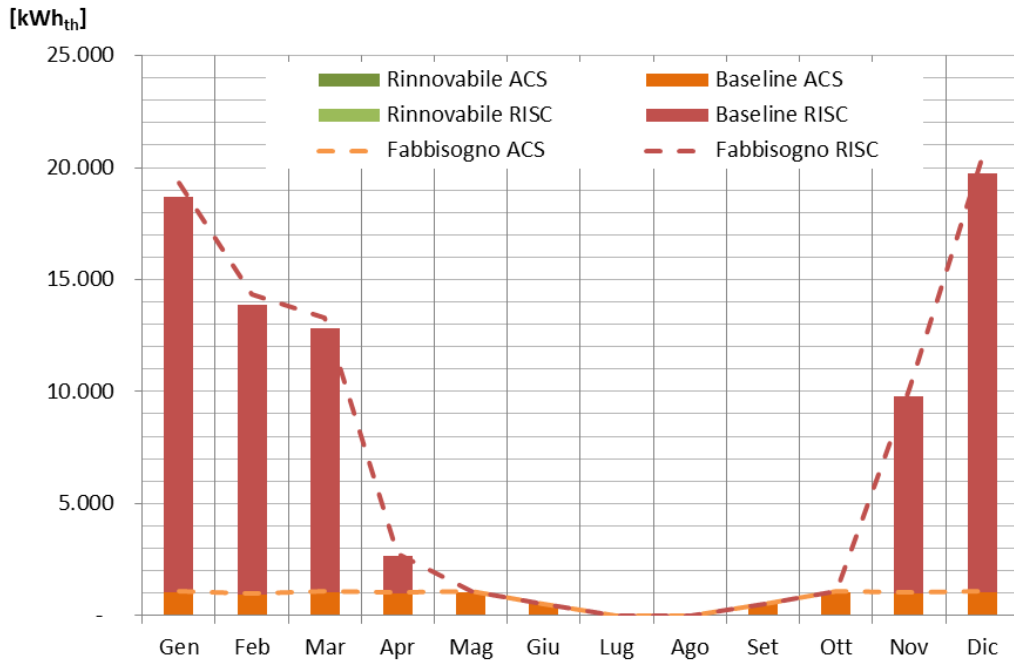


### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

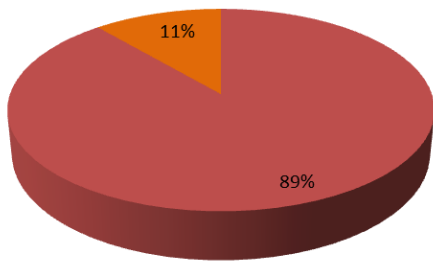
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione dei diversi utilizzi.

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

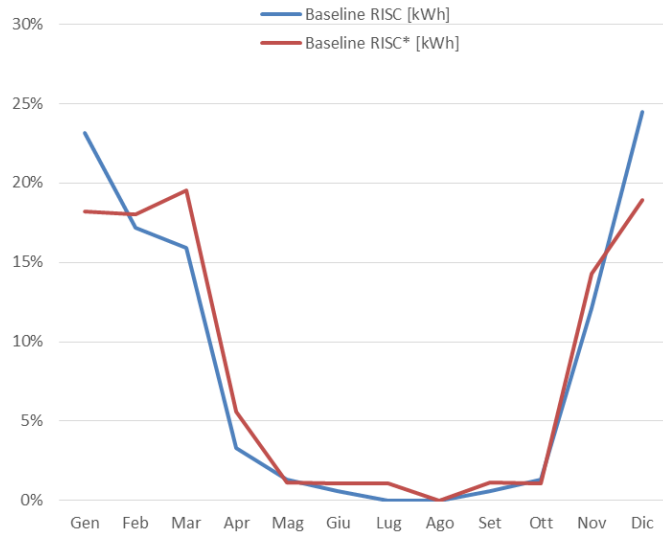
Figura 6.3 – Confronto tra il profilo mensile del Baseline Termico e il profilo mensile dei GG rif



**Ripartizione consumi termici**



■ Baseline RISC ■ Baseline ACS

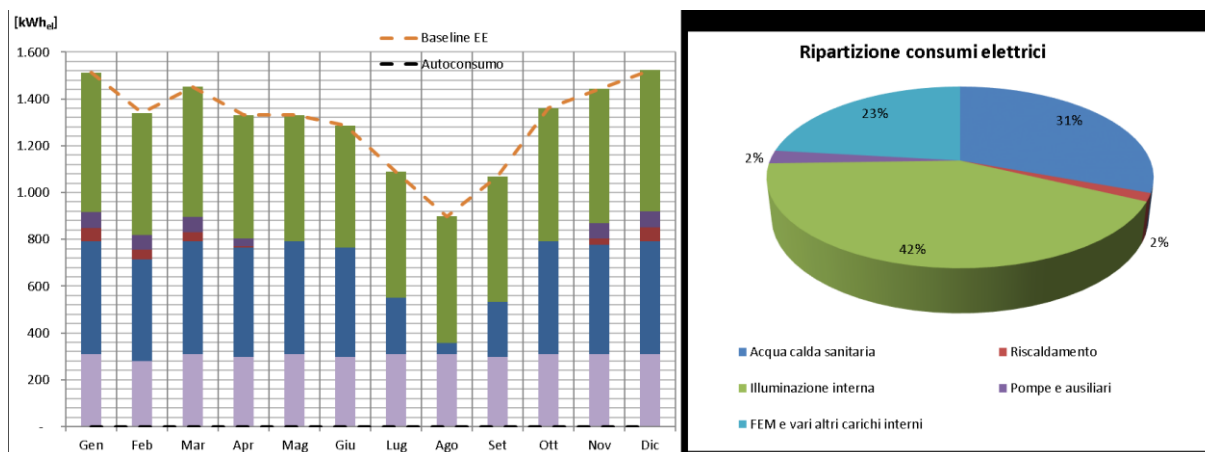


Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tale servizio.

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 ai servizi di acqua calda sanitaria e illuminazione interna, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tali sistemi.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270050022592: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;
- PDR 2 – 03270034907062: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 03270034907062	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	-	Via Amedeo Casabona 3 16133 Genova (GE)	Via Amedeo Casabona 3 16133 Genova (GE)
Società di fornitura	-	IREN MERCATO SPA	ENI
Inizio periodo fornitura	-	-	01/04/15
Fine periodo fornitura	-	31/03/14	31/03/16
Classe del contatore	-	Classe G010	Classe G10
Tipologia di contratto	-	PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO
Opzione tariffaria (*)	-		
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	-	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	-	9,42 kWh/smc	9,42 kWh/smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA) [€/smc]	-	0,404	0,500

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 per il PDR1 è stato stipulato un Contratto di Servizio Energia SIE3 per cui non è possibile reperire i dati. Per il PDR2 sono mancanti le fatturazioni dell'anno 2014. Si nota che ogni anno in corrispondenza del passaggio da una stagione termica all'altra è cambiato il fornitore del metano ed a sua volta anche il costo medio annuo di fornitura del combustibile.

Nella tabella Tabella 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di rierimento

PDR: 03270050022592	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						1.703	19.825	0,086
Febbraio						1.470	17.112	0,086
Marzo						1.469	17.110	0,086
Aprile						207	2.412	0,086
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						905	10.538	0,086
Dicembre						1.187	13.818	0,086
<b>Totale</b>	-	-	-	-	-	<b>6.940</b>	<b>80.814</b>	<b>0,086</b>
PDR: 03270050022592	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						1.047	11.884	0,088
Febbraio						1.427	16.195	0,088
Marzo						1.341	15.224	0,088
Aprile						264	2.996	0,088
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						645	7.322	0,088
Dicembre						867	9.841	0,088
<b>Totale</b>	-	-	-	-	-	<b>5.592</b>	<b>63.463</b>	<b>0,088</b>
PDR: 03270050022592	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						1.352	15.528	0,087
Febbraio						1.152	13.233	0,087
Marzo						1.351	15.516	0,087

Aprile	141	1.621	0,087
Maggio	-	-	-
Giugno	-	-	-
Luglio	-	-	-
Agosto	-	-	-
Settembre	-	-	-
Ottobre	-	-	-
Novembre	963	11.058	0,087
Dicembre	1.163	13.365	0,087
<b>Totale</b>	<b>6.121</b>	<b>70.320</b>	<b>0,087</b>

PDR: 03270034907062	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

PDR: 03270034907062	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	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	141	71	43	50	39	345	3.109	0,111
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	41	72	18	28	33	191	1.356	0,141
Luglio	4	24	2	3	7	39	132	0,297
Agosto	4	24	2	3	7	38	122	0,314
Settembre	5	24	2	4	8	42	170	0,248
Ottobre	5	24	2	4	8	42	170	0,248
Novembre	29	24	13	21	19	105	989	0,106
Dicembre	112	143	-71	80	58	322	3.825	0,084

Totale	340	405	11	191	178	1.125	9.872	0,114
PDR: 03270034907062	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	32	28	6	10	8	83	1.225	0,068
Febbraio	37	28	20	29	15	129	1.347	0,095
Marzo	34	28	19	27	14	121	1.243	0,098
Aprile	11	27	8	11	9	67	537	0,125
Maggio	4	27	3	4	7	45	188	0,238
Giugno	1	27	1	1	6	35	38	0,933
Luglio	3	27	2	3	7	43	151	0,282
Agosto	3	27	2	3	7	43	151	0,282
Settembre	4	27	3	4	7	44	170	0,258
Ottobre	2	27	1	2	6	38	85	0,453
Novembre	46	27	22	38	17	150	1.827	0,082
Dicembre	57	27	28	47	19	178	2.280	0,078
<b>Totale</b>	<b>234</b>	<b>325</b>	<b>115</b>	<b>179</b>	<b>121</b>	<b>974</b>	<b>9.241</b>	<b>0,105</b>

PDR: 03270034907062	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]
Conguaglio Aprile energetic	-0,61	0	-0,44	-0,6	0,88	-11,16	-3	3,721
Conguaglio Maggio energetic	-8,22	0	-5,98	-8,23	-2,24	-24,67	-41	0,602
Conguaglio luglio energetic	0,79	0	0,59	0,81	0,22	2,41	4	0,602
Conguaglio agosto energetic	-1,87	0	-1,33	-1,8	-0,50	-5,50	-9	0,611
Conguaglio settembre energetic	-1,86	0	-1,33	-1,8	-0,50	-5,49	-9	0,610
Conguaglio ottobre energetic	-2,08	0	-1,48	-2	-0,56	-6,12	-10	0,612
Conguaglio novembre energetic	-0,61	0	-0,44	-0,6	0,88	-11,16	-3	3,721

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. Inoltre nella colonna "Totale" del PDR2 sono stati tenuti in considerazione tutti gli arrotondamenti ed eventuali somme scomputabili indicate sulle bollette. L'assenza di letture rilevate mensili dei consumi rende questa valutazione, almeno per il PDR2, efficace relativamente alla stagione intesa come quella di riscaldamento piuttosto che annuale.

Nel grafico in

Figura 7.1 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'AEEGSI.



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

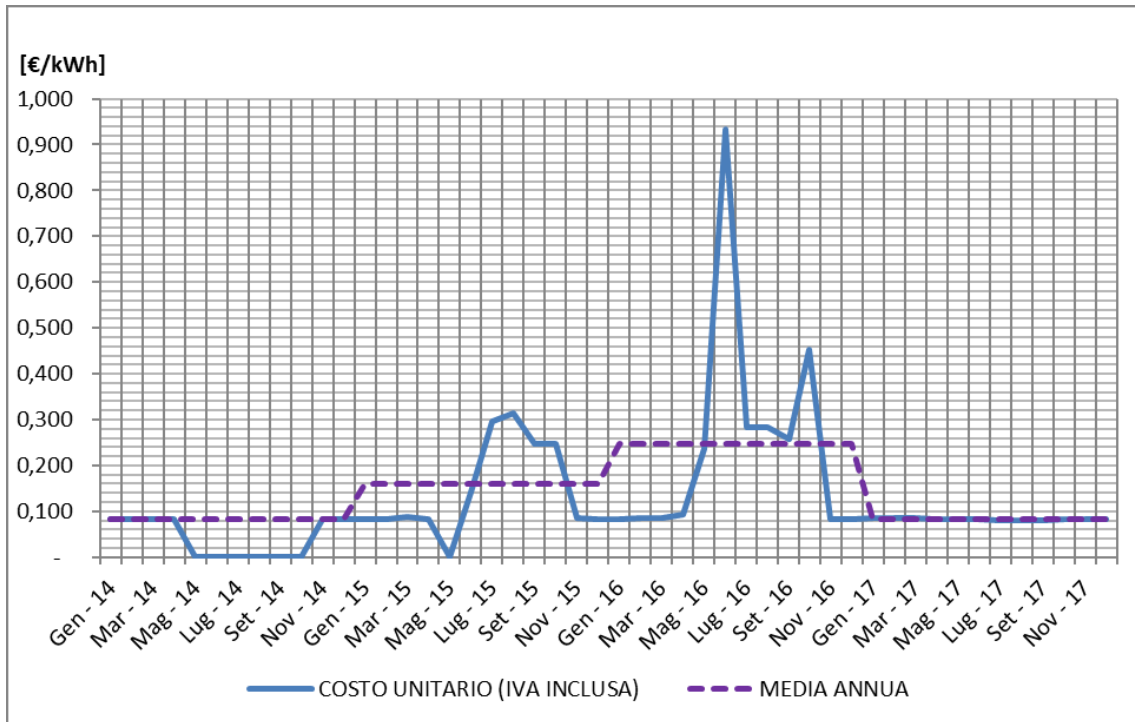
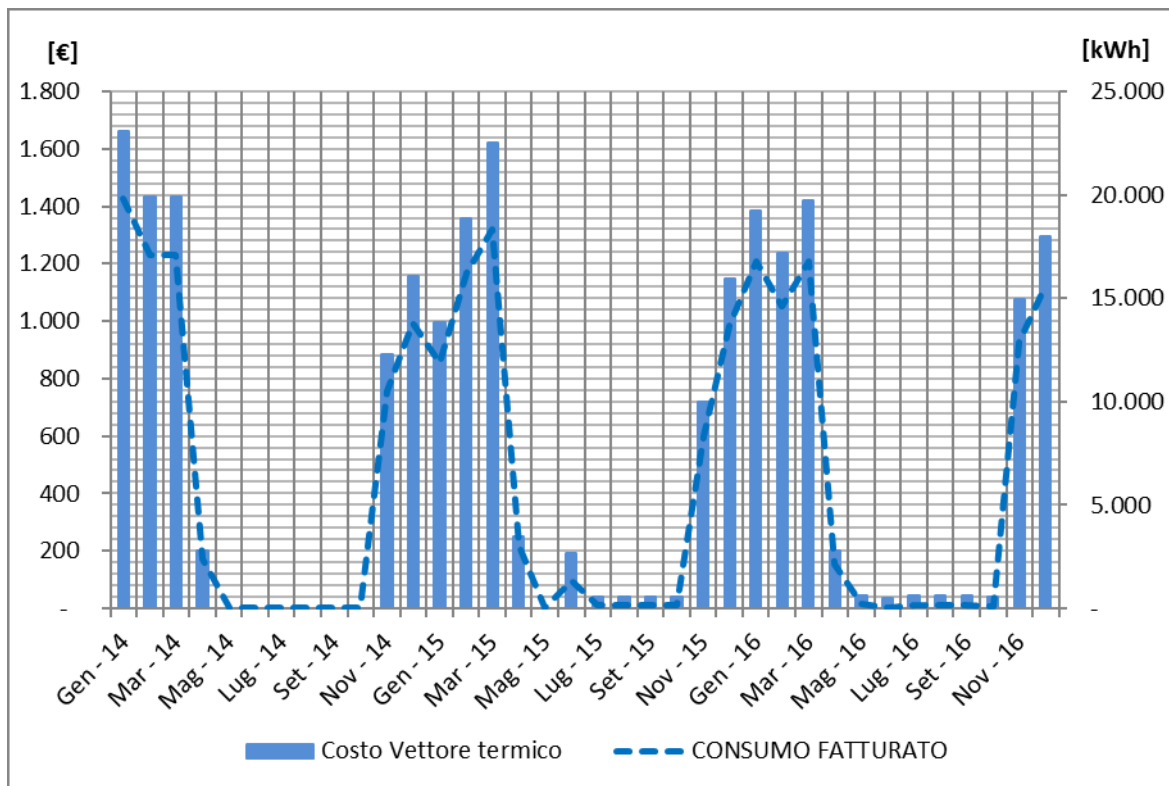


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è oscillante con picchi nei mesi della stagione di riscaldamento, essendo questa la componente dominante che ha come costo medio

definito a monte così come indicato dalla stazione appaltante attraverso l'uso del foglio di calcolo fornito "gas-Mtutela\_Rev02". L'andamento energetico è stato ricostruito così come descritto e suggerito dalla PA, dipendente dalla temperatura esterna. Per il PDR 2 i mesi estivi più significativi sono quelli dell'anno 2016 per il quale erano disponibili le letture rilevate dal fornitore.

### 7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096691: 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 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096691	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Dell'Oratorio n. 1 Genova (GE)	Via Dell'Oratorio n. 1 Genova (GE)	Via Dell'Oratorio n. 1 Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	-
Potenza elettrica impegnata	30 kW	30 kW	30 kW
Potenza elettrica disponibile	30 kW	30 kW	30 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	380 V	BT, Allacciamento 380 V
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup> [€/kWh]	0,083	0,070	0,089

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 per la fornitura dell'elettricità varia il gestore di anno in anno modificando a sua volta il prezzo tariffario medio.

Nella Tabella 7.4 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00096691	VENDITA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOS TE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	162	24	210	26	42	467	2.079	0,225
Febbraio	143	24	193	23	38	423	1.817	0,233
Marzo	130	21	178	21	35	386	1.653	0,233
Aprile	120	27	170	19	34	370	1.526	0,242
Maggio	109	24	157	17	31	338	1.390	0,243

Giugno	77	17	123	12	23	252	991	0,255
Luglio						-	-	-
Agosto	16	4	40	3	6	69	228	0,302
Settembre	98	20	143	16	28	305	1.257	0,243
Ottobre	124	23	177	20	34	378	1.583	0,239
Novembre	118	23	178	19	34	371	1.540	0,241
Dicembre						-	-	-
<b>Totale</b>	<b>1.097</b>	<b>207</b>	<b>1.570</b>	<b>176</b>	<b>305</b>	<b>3.359</b>	<b>15.887</b>	<b>0,239</b>
<b>POD: IT001E00096691</b>	<b>VENDITA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOS TE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURAT O</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Anno 2015</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>		<b>[kWh]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gennaio	244	46	370	42	70	772	3.332	0,232
Febbraio	114	22	177	20	34	366	1.637	0,224
Marzo	116	23	185	22	35	380	1.748	0,218
Aprile	44	12	111	12	18	197	976	0,202
Maggio	44	13	113	13	18	200	1.006	0,199
Giugno	42	12	113	13	18	197	1.000	0,197
Luglio	42	-	113	10	17	182	835	0,219
Agosto	34	-	70	8	11	124	646	0,192
Settembre	12	-	44	3	6	66	260	0,253
Ottobre	34	11	115	12	17	189	955	0,198
Novembre	63	-	158	19	24	264	1.535	0,172
Dicembre	64	-	150	18	23	256	1.476	0,174
<b>Totale</b>	<b>853</b>	<b>139</b>	<b>1.719</b>	<b>193</b>	<b>291</b>	<b>3.194</b>	<b>15.406</b>	<b>0,207</b>
<b>POD: IT001E00096691</b>	<b>VENDITA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOS TE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURAT O</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>		<b>[kWh]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gennaio	52	-	125	15	19	210	1.170	0,179
Febbraio	91	-	217	27	34	369	2.148	0,172
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	82	-	212	20	31	345	1.570	0,220
Maggio	91	-	216	20	33	360	1.609	0,223
Giugno	64	-	174	14	25	277	1.081	0,256
Luglio	42	-	136	7	18	203	587	0,346
Agosto	24	-	119	5	15	162	370	0,437
Settembre	83	-	180	14	28	305	1.139	0,268
Ottobre	118	-	207	18	34	377	1.461	0,258
Novembre	142	-	218	20	38	416	1.605	0,259
Dicembre	131	-	213	20	36	401	1.560	0,257
<b>Totale</b>	<b>919</b>	<b>-</b>	<b>2.017</b>	<b>178</b>	<b>311</b>	<b>3.423</b>	<b>14.300</b>	<b>0,239</b>

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

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

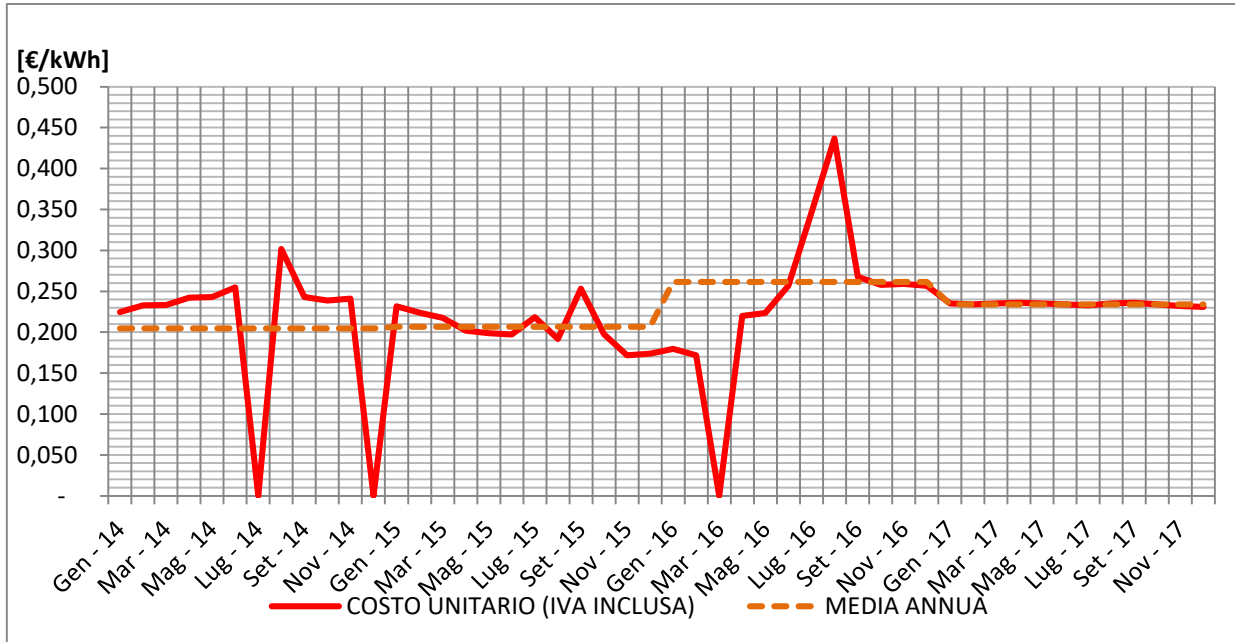
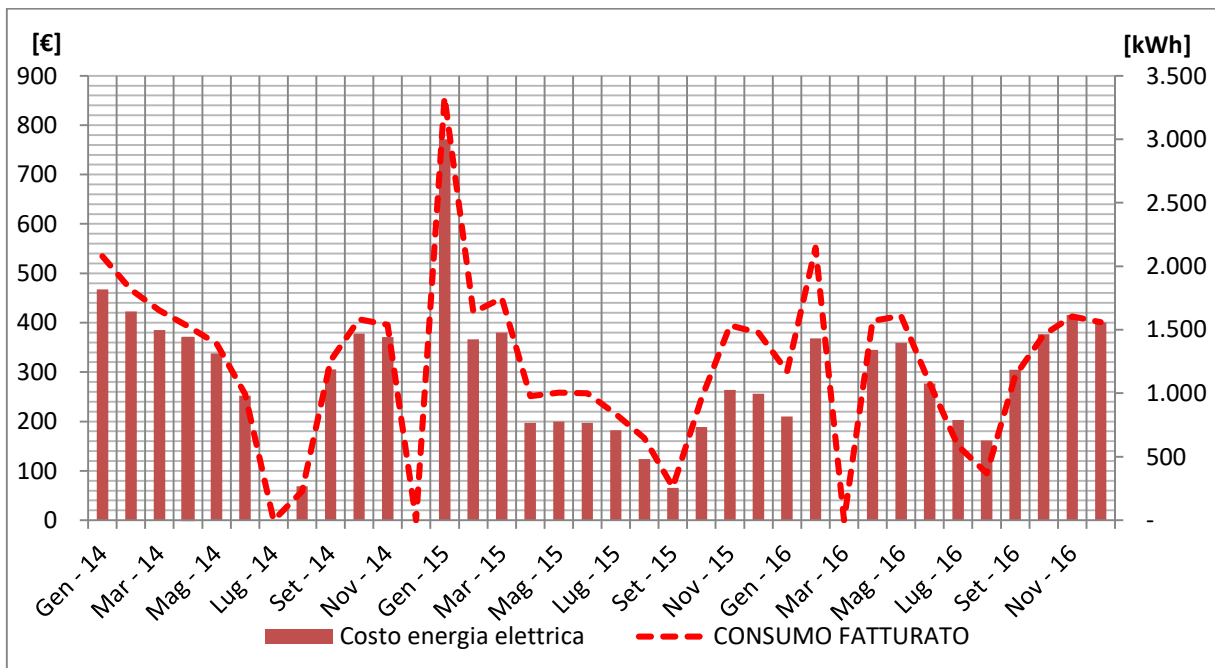


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che 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) oppure erano bollette bimestrali (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 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	80.814	6.767	0,0837	14.064	3.359	0,24	10.127
2015	73.335	6.439	0,0878	15.406	3.194	0,21	9.633
2016	79.561	6.863	0,0863	14.300	3.423	0,24	10.286
2017			0,084			0,219	
Media	76.448	6.651	0,087	14.590	3.325	0,23	10.015

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 unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UQ</sub>	0,084 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UEE</sub>	0,219 [€/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:

- L-042-157: servizio SIE3

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

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

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

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

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

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.7.

Tabella 7.7 – 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	$C_{MO}$	4.721 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{MS}$	1.255 [€/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 5.976€ per la sola quota di manutenzione mentre 12.722 € compresa la 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:

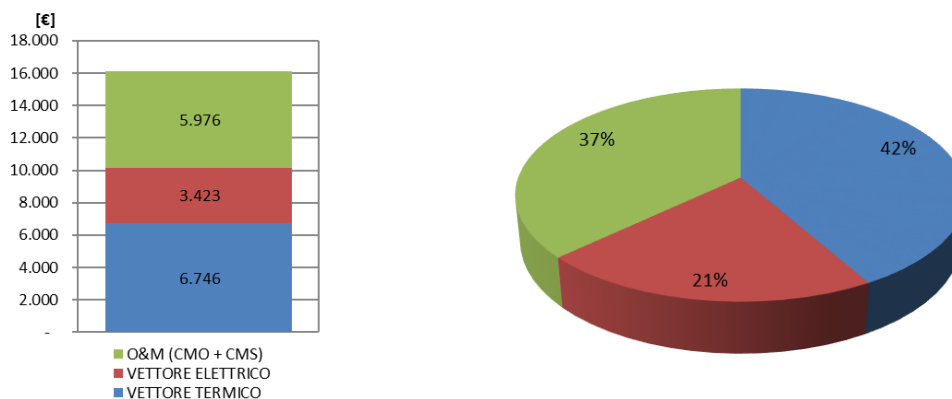
$$C_E = Q_{baseline} \times Cu_Q + EE_{baseline} \times Cu_{EE}$$

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 10.168 € e un  $C_{baseline}$  pari a 16.144 €

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline      Figura 7.5 – 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: Realizzazione cappotto termico

###### Generalità

La misura prevede di coibentare le facciate 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 alle condizioni di comfort termico.

Figura 8.1 – Particolare della facciata dell'edificio



###### 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. 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.

Durante la posa dovranno essere rispettate alcune condizioni minime:

- la posa in opera dovrà essere effettuata a temperature dell'aria e del supporto comprese tra +5°C e +30°C

- le superfici devono essere pulite ed in caso contrario si dovrà procedere alla rimozione di polvere, sporco, tracce di disarmante, parti sfarinanti ed incoerenti, ecc. mediante lavaggio con acqua pulita a bassa pressione (max 200 bar)
- Verificare la planarità del supporto ed eventualmente livellare con malta d'intonaco o in alternativa con intonaco premiscelato impastato con miscela e acqua in rapporto 1:3. In corrispondenza di sporgenze specifiche, tipo cordoli in cls o elementi di laterizio fuori piombo, asportare le parti in eccesso

Le fasi di posa prevedono:

- FASE 1 Partenza con realizzazione della zoccolatura
- FASE 2 stesura del collante
- FASE 3 posa del pannello isolante
- FASE 4 tassellatura
- FASE 5 esecuzione spigoli ed angoli
- FASE 6 rasatura con rete

### **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 – Realizzazione di cappotto termico

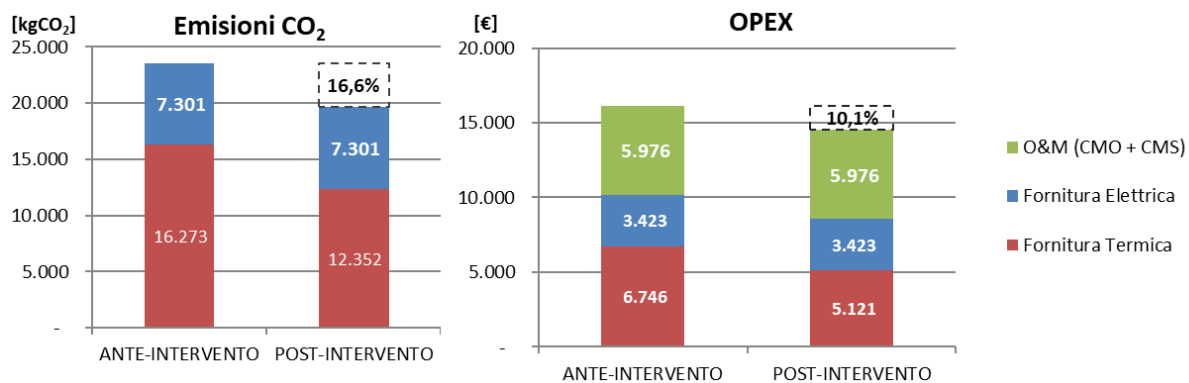
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 Trasmittanza termica	[W/m <sup>2</sup> K]	1,155	0,246	<b>78,7%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	83.492	63.377	<b>24,1%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	15.609	15.609	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	80.558	61.150	<b>24,1%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	15.633	15.633	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	12.352	<b>24,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	7.301	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>19.653</b>	<b>16,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.746	5.121	<b>24,1%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.423	3.423	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>10.168</b>	<b>8.543</b>	<b>16,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.721	4.721	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.255	1.255	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.976</b>	<b>5.976</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.144</b>	<b>14.519</b>	<b>10,1%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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 gas naturale e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,084 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità 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 verso sottotetto**

### **Generalità**

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

L'efficientamento 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 solaio del sottotetto



### **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.

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 ( $sp=20cm$ ).

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.12 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.2– Risultati analisi EEM2 – Coibentazione solaio verso sottotetto

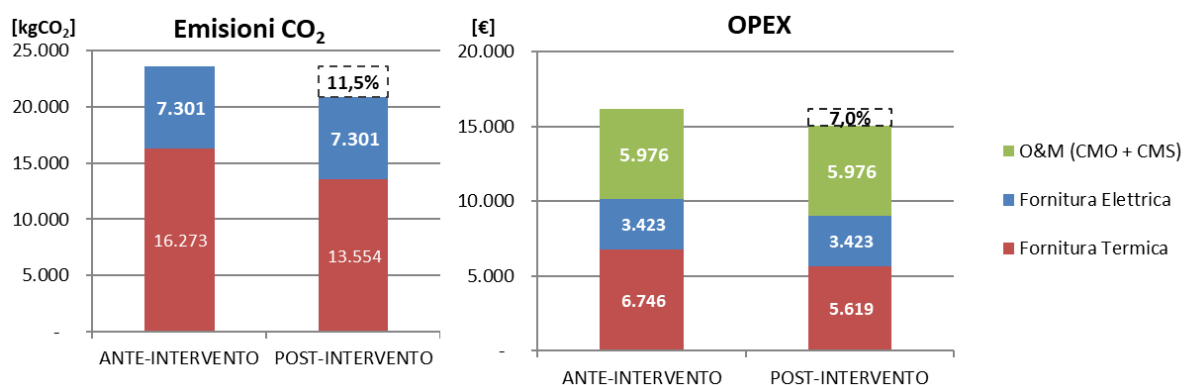
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 Trasmittanza termica	[W/m <sup>2</sup> K]	1,83	0,18	<b>90,2%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	83.492	69.540	<b>16,7%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	15.609	15.609	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	80.558	67.097	<b>16,7%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	15.633	15.633	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	13.554	<b>16,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	7.301	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>20.854</b>	<b>11,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.746	5.619	<b>16,7%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.423	3.423	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>10.168</b>	<b>9.041</b>	<b>11,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.721	4.721	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.255	1.255	<b>0,0%</b>

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
O&M (C <sub>Mo</sub> + C <sub>Ms</sub> )	[€]	5.976	5.976	0,0%
OPEX	[€]	16.144	15.017	7,0%
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 gas naturale e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,084 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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



### EEM3: Insufflaggio intercapedine pareti esterne con focchi di cellulosa

#### Generalità

Il modello energetico che è stato realizzato sull'edificio in oggetto ha ipotizzato l'esistenza di intercapedini non coibentate. Tale ipotesi è stata formulata non potendo direttamente ispezionare i muri con metodo invasivo.

L'ipotesi prevede l'insufflaggio di focchi di cellulosa nelle intercapedini dei muri verticali disperdenti.

Figura 8.5- Particolare delle murature



#### Caratteristiche funzionali e tecniche

I muri verticali a seguito dei lavori risulteranno maggiormente efficienti sotto l'aspetto energetico e garantiranno una migliore percezione del comfort ambientale all'interno dei locali oggetto d'intervento.

#### Descrizione dei lavori

L'insufflaggio delle intercapedini deve essere effettuato da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche. In particolare dovranno essere svolte le seguenti lavorazioni

- Ispezionare l'intercapedine da isolare per verificare lo stato del paramento esterno e del paramento interno. L'insufflaggio non è adatto in caso di intonaco danneggiato (es. crepe) o di significativa presenza di infiltrazioni d'acqua o umidità di risalita. Ispezionare in più punti l'interno dell'intercapedine da isolare con un endoscopio, al fine di verificare lo spessore dell'intercapedine e di verificare l'eventuale presenza di ostruzioni (es. pilastri, calcinacci, ecc.): in prossimità di qualsiasi tipo di ostruzione è necessario incrementare adeguatamente il numero di fori per garantire uniformità di applicazione.
- Verificare che eventuali discontinuità dell'intercapedine (infissi, cassonetti delle tapparelle, fori di ventilazione, ecc) siano sigillate e, in caso contrario, procedere alla sigillatura delle stesse prima di applicare.
- Forare la parete dall'esterno
- Utilizzare una macchina per insufflaggio.
- La macchina per insufflaggio deve essere testata prima di ogni cantiere, al fine di assicurare la corretta densità di installazione. Utilizzare un'apposita scatola test, realizzata in accordo con lo standard EN 14064-2: effettuare diverse prove di installazione per impostare i parametri corretti.
- Realizzare l'isolamento termo-acustico mediante l'impiego di fiocchi di cellulosa
- Posizionare l'iniettore in un foro alla base e all'estremità laterale della parete. Dopo avere riempito questo foro proseguire lungo tutta la fila inferiore e successivamente passare alla fila superiore, fino ad arrivare alla fila superiore della parete.
- Una volta terminato l'insufflaggio procedere alla chiusura dei fori e all'eventuale tinteggiatura

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 nella sono riportati nella Tabella 8.1 e nella 8.6.

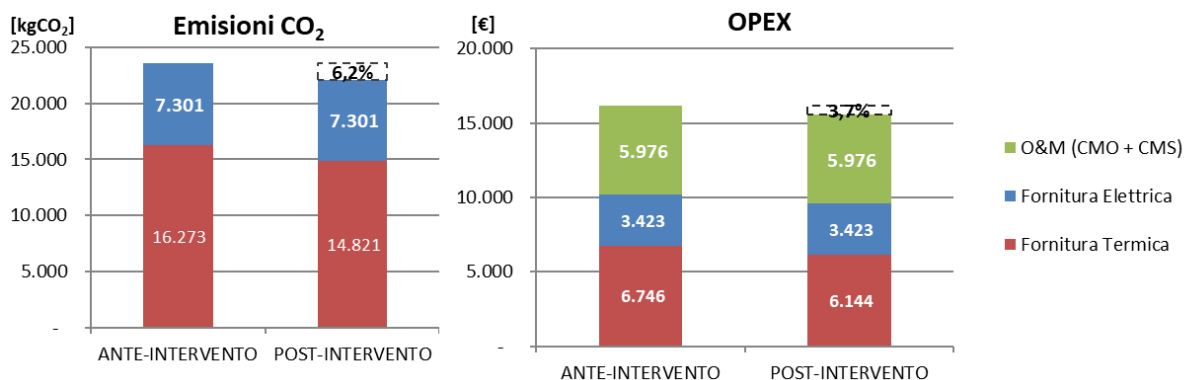
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,155	0,202	<b>82,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	83.492	76.041	<b>8,9%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	15.609	15.609	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	80.558	73.369	<b>8,9%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	15.633	15.633	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	14.821	<b>8,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	7.301	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>22.121</b>	<b>6,2%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.746	6.144	<b>8,9%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.423	3.423	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>10.168</b>	<b>9.566</b>	<b>5,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.721	4.721	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.255	1.255	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.976</b>	<b>5.976</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.144</b>	<b>15.542</b>	<b>3,7%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+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: 0,084 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.6– EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### **EEM4: Sostituzione serramenti**

#### **Generalità**

Si ipotizza di sostituire i serramenti esistenti con altri aventi  $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  e telaio in PVC.

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, inoltre, di ridurre le dispersioni termiche dovute alle infiltrazioni d'aria.

Figura 8.7- Particolare dei serramenti esistenti



#### **Descrizione dei lavori**

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato nel rispetto della norma UNI 11673-1:2017

Le metodologie descritte dalla norma sono finalizzate alla verifica delle prestazioni dei giunti d'installazione e della loro coerenza alle prestazioni dei serramenti. In particolare la progettazione dei giunti d'installazione dovrà essere affrontata sui seguenti livelli:

- isolamento termico (analisi della presenza di isoterme critiche sulla superficie interna del sistema di posa in opera oggetto di verifica; analisi della temperatura media mensile minima per cui non sussistono le condizioni per la formazione di muffe sulla superficie interna dell'edificio in prossimità del giunto primario e/o secondario unicamente dipendente dal sistema di posa in opera; analisi del ponte termico lineare);
- isolamento acustico;
- permeabilità all'aria;
- resistenza meccanica al carico del vento e ai carichi propri;
- resistenza all'effrazione;
- durabilità e manutenibilità;
- composti organici volatili (VOC / COV) indoor e sostenibilità;
- comportamento termo-igrometrico e traspirabilità del giunto;
- requisiti base dei materiali di sigillatura e riempimento;
- compatibilità tra tipologie di sigillanti fluidi e substrati;

- prestazioni degli accessori e componenti.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.8.

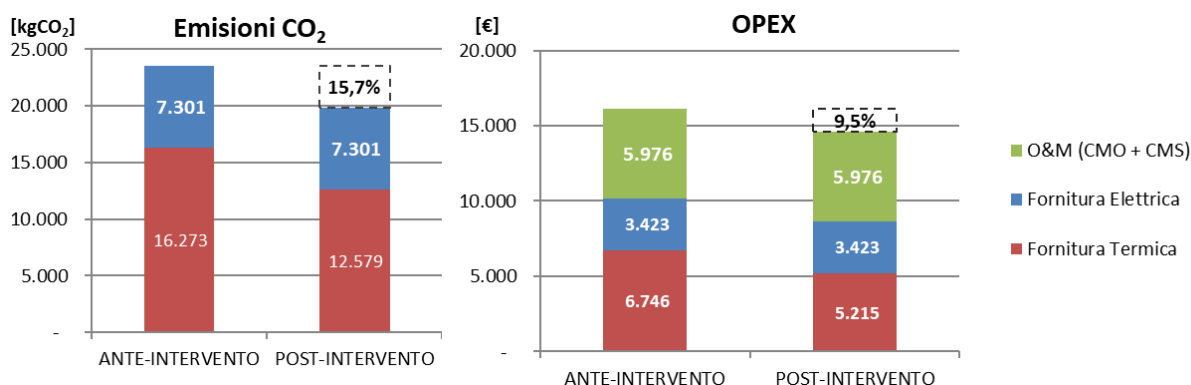
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4– Sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 Trasmittanza termica	[W/m <sup>2</sup> K]	5,1	1,66	<b>67,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	83.492	64.540	<b>22,7%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	15.609	15.609	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	80.558	62.273	<b>22,7%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	15.633	15.633	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	12.579	<b>22,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	7.301	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>19.880</b>	<b>15,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.746	5.215	<b>22,7%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.423	3.423	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>10.168</b>	<b>8.637</b>	<b>14,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.721	4.721	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.255	1.255	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.976</b>	<b>5.976</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.144</b>	<b>14.613</b>	<b>9,5%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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 gas naturale e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,084 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.8– EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## 8.1.2 Impianto riscaldamento

### EEM5: Termoregolazione

#### Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di regolazione si può ottenere mediante l'installazione di valvole termostatiche che permettono di regolare la temperatura ambiente all'interno di un edificio.

Raggiungendo poi la temperatura impostata sulla testina essa la mantiene costantemente per tutta la durata di accensione, riducendo gli sprechi di energia e conseguente discomfort degli utenti.

Figura 8.9- Particolare della radiatore



#### Caratteristiche funzionali e tecniche

Il sistema di termoregolazione è composto di tre parti:

- Valvola termostatica: che regola la portata del fluido in entrata nei radiatori,
- Testina: con la sua regolazione consente di gestire la temperatura ambiente,
- Detentore: cordolo che chiude il circuito del fluido del termosifone.

Tali componenti lavorano insieme e regolano la portata dell'acqua calda in ingresso al termosifone, tale da garantire la temperatura ambiente di set-point impostata.

L'intervento prevede l'installazione del sistema completo di ogni sua parte compatibilmente con le caratteristiche dei terminali di emissione.

Tali dispositivi prevedono una sensibilità del 0,5 °C controllando puntualmente la temperatura interna dei singoli ambienti, garantiscono un miglior comfort termico per l'utente e una migliore gestione dell'impianto termico.

#### Descrizione dei lavori

Si prevede l'installazione di n°15 unità, una per ciascun radiatore presente nei diversi locali dell'edificio.

#### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.5– Risultati analisi EEM5 – Installazione impianto di termoregolazione

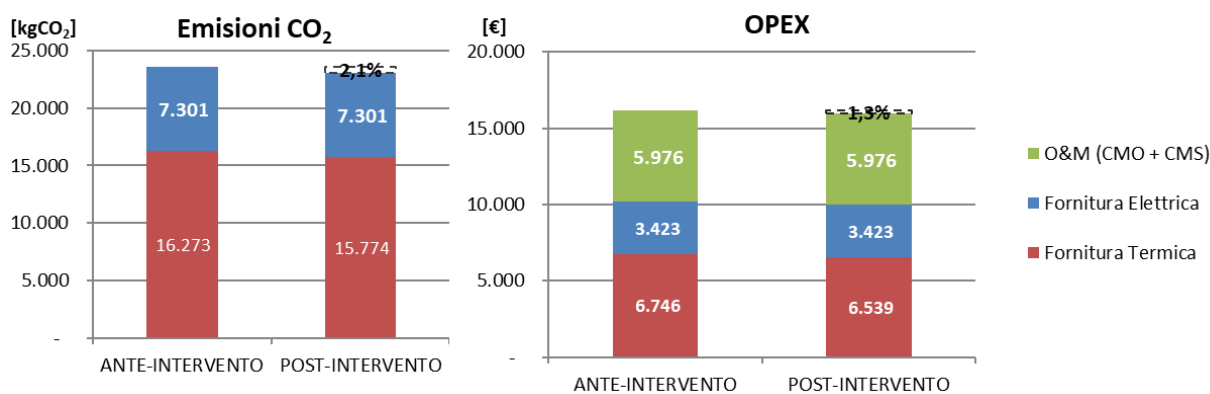
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EM 5</b>				
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	83.492	80.932	<b>3,1%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	15.609	15.609	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	80.558	78.088	<b>3,1%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	15.633	15.633	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	15.774	<b>3,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	7.301	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>23.074</b>	<b>2,1%</b>

Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.746	6.539	<b>3,1%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.423	3.423	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>10.168</b>	<b>9.961</b>	<b>2,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.721	4.721	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.255	1.255	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.976</b>	<b>5.976</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>16.144</b>	<b>15.937</b>	<b>1,3%</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 gas naturale e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,084 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.10– EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### **EEM7: Efficientamento generatore di calore**

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 174 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

L'intervento proposto prevede le seguenti operazioni:

- smantellamento del vecchio generatore a gas;
- installazione nuovo generatore a condensazione alimentato a gas metano e del bruciatore;
- 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;
- Installazione del sistema di programmazione settimanale.

Figura 8.11- Particolare del generatore di calore attuale



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

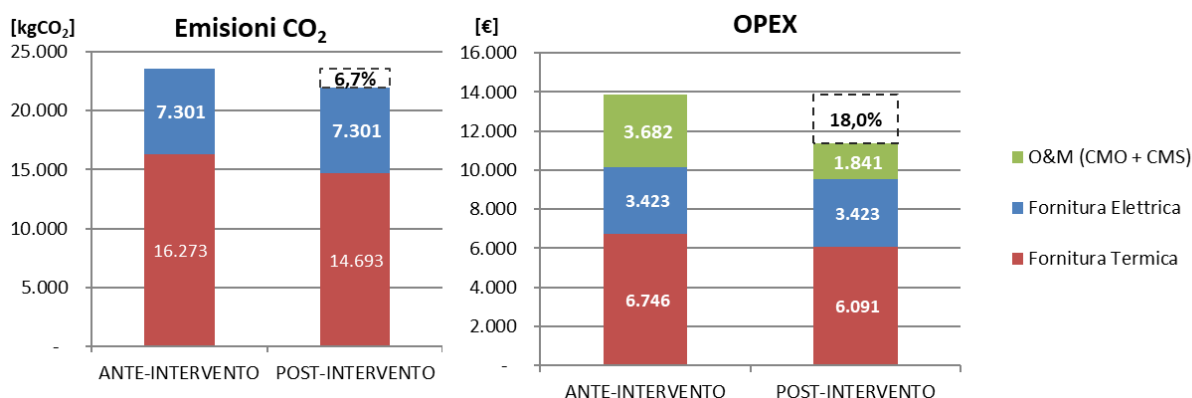
Tabella 8.6– Risultati analisi EEM7 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM7 Efficienza sottosistema di generazione	[%]	83,7	97,70%	<b>98,8%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	83.492	75.385	<b>9,7%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	15.609	15.609	<b>0,0%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	80.558	72.736	<b>9,7%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	15.633	15.633	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	14.693	<b>9,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	7.301	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>21.993</b>	<b>6,7%</b>
Fornitura Termica, $C_q$	[€]	6.746	6.091	<b>9,7%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	3.423	3.423	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>10.168</b>	<b>9.513</b>	<b>7,6%</b>
$C_{MO}$	[€]	4.721	2.360	<b>50,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	1.255	627	<b>50,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>5.976</b>	<b>2.988</b>	<b>50,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.144</b>	<b>15.528</b>	<b>3,8%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	+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 gas naturale e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,084 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.12 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è costituito da una caldaia a metano e da boiler elettrici. Il consumo di acqua calda sanitaria è limitato e dipende dall'uso dei locali in cui sono installati. Per questa ragione non si è tenuto necessario effettuare simulazioni per questa specifica tipologia d'intervento.

### 8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM6: Efficiamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

##### 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.

Figura 8.13- Particolare di lampade fluorescenti attualmente installate



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Le nuove lampade a LED, di potenza variabile tra i 13 ed i 22 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.

##### 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.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

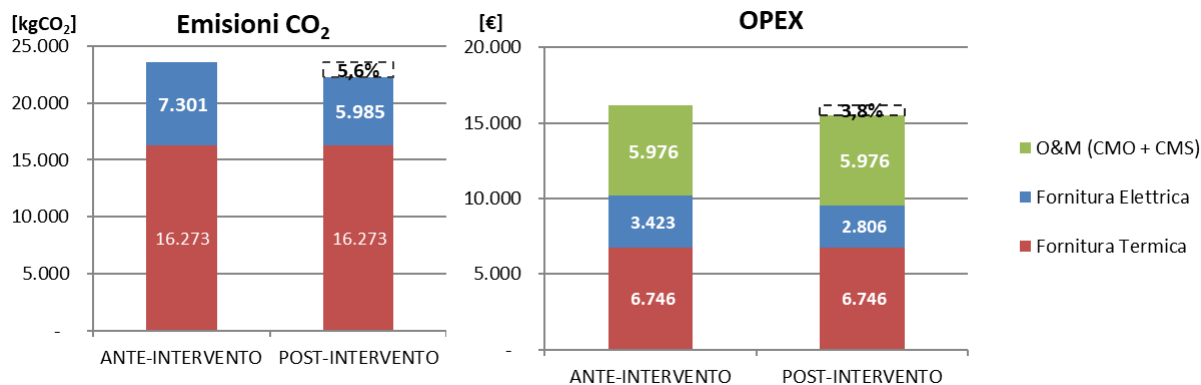
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6 – Efficientamento impianto di illuminazione LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EEM 6</b>				
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	83.492	83.492	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	15.609	12.797	<b>18,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	80.558	80.558	<b>0,0%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	15.633	12.817	<b>18,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	16.273	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	5.985	<b>18,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>22.258</b>	<b>5,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.746	6.746	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.423	2.806	<b>18,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>10.168</b>	<b>9.552</b>	<b>6,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.721	4.721	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.255	1.255	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.976</b>	<b>5.976</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>16.144</b>	<b>15.528</b>	<b>3,8%</b>
Classe energetica	[-]	E	F	-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 gas naturale e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,084 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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



### 8.1.5 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

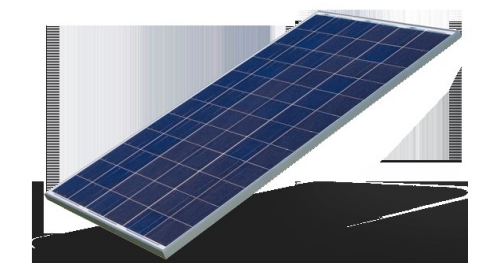
#### **EEM7: Installazione impianto fotovoltaico**

##### **Generalità**

La misura prevede l'installazione di moduli fotovoltaici sulla copertura dell'edificio. Si è tenuto conto dell'esposizione e dell'effettiva superficie utile disponibile al netto delle ombre dei corpi (alberi o strutture murali) disposti in prossimità.

Tale intervento è stato ipotizzato per lo scenario a 15 e 25 anni proposto nell'intervento della sostituzione del generatore.

Figura 8.15- Esempio di un modulo fotovoltaico



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

Il dimensionamento e l'installazione dell'impianto fotovoltaico consente di coprire i consumi elettrici dell'edificio. Come si è visto l'assorbimento maggiore è nelle ore diurne, momento in cui è possibile ottenere anche la massima produzione (unica variabile sarebbe poi l'aspetto climatico). La potenza disponibile è stata ipotizzata secondo alcune caratteristiche al contorno quali l'orientamento, l'inclinazione dei pannelli e le superfici disponibili. La massima potenza nominale si ottiene con un'esposizione diretta del pannello al Sole, con un irraggiamento nominale di 1000 Watt/metro quadro, 25°C di temperatura, posizione perpendicolare ai raggi del sole, e assenza di ombreggiamenti. Nella realtà i pannelli producono energia anche in condizioni di luce indiretta e con irraggiamento inferiore, ma in misura molto minore.

Nell'edificio in questione si è ipotizzato di installare un impianto fotovoltaico di 8 kWp.

##### **Descrizione dei lavori**

La posa comprende un modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino comprensivo dei sostegni alla struttura del tetto. Ad esso sono associati un inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento ed un quadro di controllo.

##### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella Tabella 8.1 (scenario 15 anni), Tabella 8.9 (scenario 25 anni) e nella Figura 8.2 (scenario 15 anni), Figura 8.17 (scenario 25 anni).

Tabella 8.8– Risultati analisi EEM8 – Installazione impianto fotovoltaico su scenario 15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EEM 7</b>				
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	59.928	59.928	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.177	5.788	<b>66,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	80.558	80.558	<b>0,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	15.633	5.268	<b>66,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	16.273	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	2.460	<b>66,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>18.733</b>	<b>20,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.746	6.746	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.423	1.153	<b>66,3%</b>

<b>Fornitura Energia, C<sub>e</sub></b>	[€]	<b>10.168</b>	<b>7.899</b>	<b>22,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.721	4.721	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.255	1.255	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.976</b>	<b>5.976</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.144</b>	<b>13.875</b>	<b>14,1%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	+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 gas naturale e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,084 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.16– EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

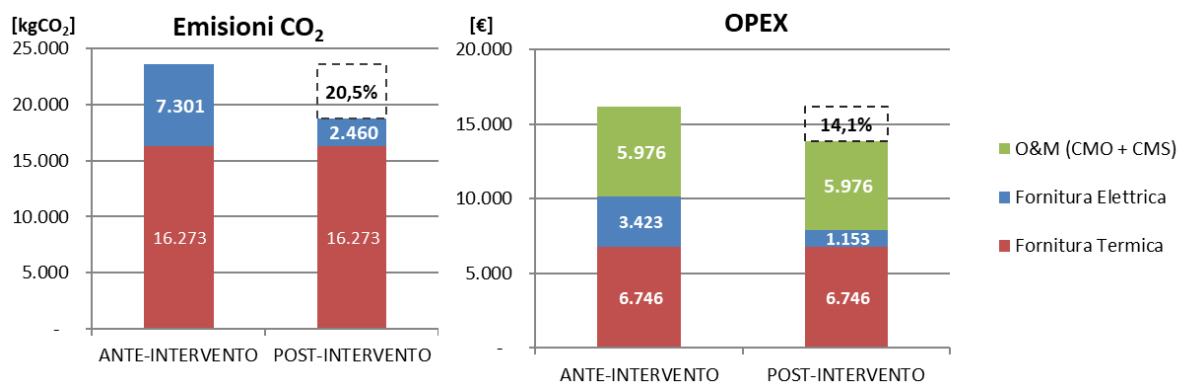


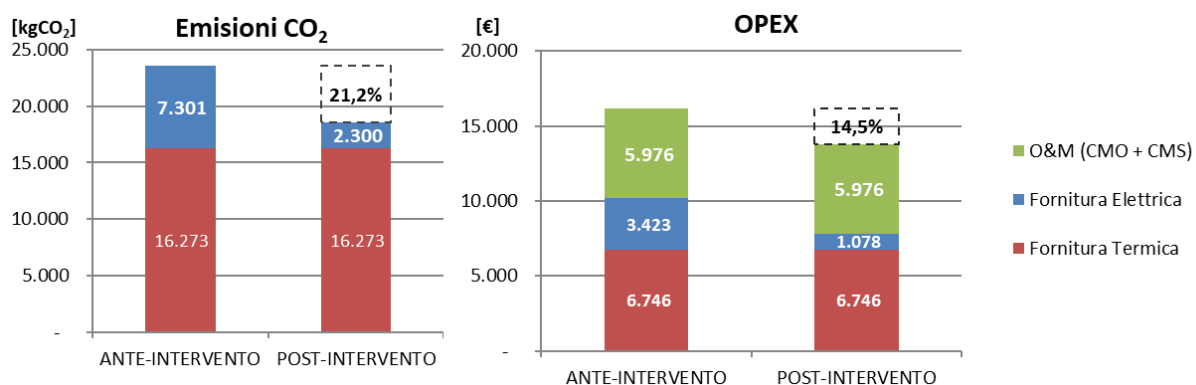
Tabella 8.9 – Risultati analisi EEM8 – Installazione impianto fotovoltaico su scenario 25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EEM8</b>				
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	41.102	41.102	0,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	12.797	4.032	68,5%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	80.558	80.558	0,0%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	15.633	4.926	68,5%
Emiss. CO <sub>2</sub> Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	16.273	0,0%
Emiss. CO <sub>2</sub> Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	2.300	68,5%
<b>Emiss. CO<sub>2</sub> TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>18.573</b>	<b>21,2%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.746	6.746	0,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.423	1.078	68,5%
<b>Fornitura Energia, C<sub>e</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>10.168</b>	<b>7.824</b>	<b>23,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.721	4.721	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.255	1.255	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.976</b>	<b>5.976</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.144</b>	<b>13.800</b>	<b>14,5%</b>
Classe energetica	[-]	C	C	+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 gas naturale e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,084 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.17– EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 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: Realizzazione cappotto termico**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione cappotto termico sulle facciate 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 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: Realizzazione cappotto termico

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> ]	[€]	[€]	[€]
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	6537,96	m2cm	€ 0,64	€ 4.160,52	22%	€ 5.075,83
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	544,83	m2	€ 9,84	€ 5.359,15	22%	€ 6.538,16
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	544,83	kg	€ 0,75	€ 406,15	22%	€ 495,50
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	272,415	kg	€ 0,45	€ 121,35	22%	€ 148,05
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	544,83	m2	€ 12,98	€ 7.072,88	22%	€ 8.628,92

Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	544,83	m2	€ 6,60	€ 3.595,88	22%	€ 4.386,97
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	544,83	m2	€ 4,37	€ 2.382,39	22%	€ 2.906,52
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.	Prezzario 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.	Prezzario Regione Liguria	544,83	m2	€ 21,63	€ 11.783,19	22%	€ 14.375,49
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	0	m2	€ 4,36	€ -	22%	€ -
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.046,45	22%	€ 1.276,66
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.441,71	22%	€ 2.978,88
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>					<b>€ 38.370</b>	<b>22%</b>	<b>€ 46.811</b>
Incentivi	[Conto termico]						€ 18.724,39
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 3.744,88

## EEM2: Coibentazione solaio verso sottotetto

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione del sottotetto del solaio verso sottotetto.

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 9.2 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM2: Coibentazione sottotetto

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> ]	[€]	[€]	[€]
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	Prezzario Regione Piemonte	452,05	m2	€ 8,42	€ 3.805,44	22%	€ 4.642,64
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	Prezzario Regione Liguria	452,05	m2	€ 4,34	€ 1.960,25	22%	€ 2.391,51



giunti convenientemente fissati accostati e nastrati con nastro adesivo plastificato							
Costi per la sicurezza	-	3%	%	€	172,97	22%	€ 211,02
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	403,60	22%	€ 492,39
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>– EEM2)</b>				€	<b>6.342</b>	<b>22%</b>	€ <b>7.738</b>
Incentivi	[Conto termico ]						€ 3.095,02
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 619,00

### **EEM3: Insufflaggio intercapedine pareti esterne con fiocchi di cellulosa**

Nella Tabella 9.13 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'insufflaggio di materiale isolante nelle intercapedini delle pareti esterne con fiocchi di cellulosa.

Tale intervento non prevede l'incentivo del conto termico in quanto non sono verificate le trasmittanze richieste per ottenere l'incentivo considerando l'incidenza dei ponti termici.

Tabella 9.3– Analisi dei costi della EEM3: Insufflaggio intercapedine pareti esterne con fiocchi di cellulosa

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> ]	[€]	[€]	[€]
Fibra di cellulosa in fiocchi prodotta da pura carta di giornale, con procedimento asciutto, sciolta per iniezione; resistente al fuoco (classe 1), esente da sostanza tossiche e nocive. Lambda = 0,040 W/mK. Per pareti, densità 55 - 65 Kg/m <sup>3</sup>	Prezziario Regione Piemonte	74,24	m3	€ 100,43	€ 6.778,45	22%	€ 8.269,71
Insufflaggio di materiale isolante sfuso all'interno di intercapedini murarie mediante appositi ugelli. Compreso il carico, lo scarico, il trasporto, il deposito a qualsiasi piano del fabbricato, il nolo del macchinario per l'insufflaggio, la formazione dei fori necessari per la messa in opera ed esclusa la chiusura. Escluso il montaggio di eventuali ponteggi. Da misurarsi in opera con la sola deduzione dei vuoti superiori a 2,00 m <sup>2</sup> , compresi gli sfridi e ogni onere necessario per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte. Densità minima di 50 kg/m <sup>3</sup> . (esclusa la fornitura del materiale isolante). In fibra	Prezziario Regione Piemonte	74,24	m3	€ 44,88	€ 3.029,15	22%	€ 3.695,56
Costi per la sicurezza	-	3%	%	€	294,23	22%	€ 358,96
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	686,53	22%	€ 837,57
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>– EEM3)</b>				€	<b>10.788</b>	<b>22%</b>	€ <b>13.162</b>
Incentivi	[Conto termico ]						€ 0,00
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 0,00

### **EEM4: Sostituzione infissi**

Nella Tabella 9.14 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione dei serramenti.

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione degli infissi con altri aventi  $U=1,66W/m^2k$ .

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 9.3 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 prevedranno il 40% oppure il 55%.

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM4: Sostituzione infissi

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	Prezziario Regione Liguria	195,13	m2	€ 27,37	€ 5.341,24	22%	€ 6.516,31
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza $U=2,8 W/m^2K$ , controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m <sup>2</sup> 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	195,13	m2	€ 299,00	€ 58.343,87	22%	€ 71.179,52
solo posa in opera di finestra o portafinestra in alluminio, pvc, legno acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio	Prezziario Regione Liguria	195,13	m2	€ 44,12	€ 8.608,78	22%	€ 10.502,71
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	55,8755761	m	€ 6,90	€ 385,54	22%	€ 470,36
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	29,2695	m3	€ 10,70	€ 313,18	22%	€ 382,08
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 2.189,78	22%	€ 2.671,53
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 5.109,48	22%	€ 6.233,57
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM4)</b>					<b>€ 80.292</b>	<b>22%</b>	<b>€ 97.956</b>
Incentivi	[Conto termico]						
Durata incentivi							
Incentivo annuo							

### EEM5: Termoregolazione

Nella 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: Installazione impianto di termoregolazione

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> ]	[€]	[€]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 20 mm	Prezzario Regione Liguria	15	cad	€ 37,61	€ 564,14	22%	€ 688,25
Detentori in bronzo per tubi del diametro di: 20 mm a squadra	Prezzario Regione Liguria	15	cad	€ 9,20	€ 138,00	22%	€ 168,36
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	10	h	€ 28,98	€ 289,82	22%	€ 353,58
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 29,76	22%	€ 36,31
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 69,44	22%	€ 84,71
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM5)</b>					<b>€ 1.091</b>	<b>22%</b>	<b>€ 1.331</b>
Incentivi	[Conto termico ]						0
Durata incentivi							0
Incentivo annuo							0

### EEM6: Installazione impianto di illuminazione LED

Nella Tabella 9.16 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 tabella 9.6 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM6: Installazione impianto di illuminazione LED

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 e smaltimento di corpo illuminante	Milano	128	cad	€ 5,21	€ 666,76	22%	€ 813,45
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Milano	7	cad	€ 89,96	€ 629,75	22%	€ 768,29
Lampade lineari a LED non dimmerabili 9 - 10W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	7	cad	€ 26,10	€ 182,70	22%	€ 222,89
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 22 W - lunghezza 1300 mm	Milano	121	cad	€ 111,92	€ 13.542,10	22%	€ 16.521,36
Lampade lineari a LED non dimmerabili 19-20W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	121	cad	€ 39,12	€ 4.733,30	22%	€ 5.774,63
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 592,64	22%	€ 723,02
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.382,82	22%	€ 1.687,04
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM6)</b>					<b>€ 21.730</b>	<b>22%</b>	<b>€ 26.511</b>
Incentivi	[Conto termico ]						€ 10.454,22
Durata incentivi							5

Incentivo annuo

€ 2.090,84

### **EEM7: Efficientamento generatore di calore**

Nella 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 ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.7 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

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

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
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: 150 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 8.107,50	€ 8.107,50	22%	€ 9.891,15
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 bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	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:	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95

interruttore orologio da inserire in quadro elettrico										
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	7	h	€	31,28	€	218,97	22%	€	267,15
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	-	3%	%			€	345,17	22%	€	421,11
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€	805,39	22%	€	982,58
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM7)</b>						<b>€</b>	<b>12.656</b>	<b>22%</b>	<b>€</b>	<b>15.441</b>
Incentivi	[Conto termico ]								€	6.176,22
Durata incentivi										5
Incentivo annuo									€	1.235,24

### EEM8: Installazione impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 8, si ipotizza di installare impianto da fonti rinnovabili corrispondente ad un sistema fotovoltaico.

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi dal conto termico 2.0. Per questo il costo potrà essere ammortizzato solamente dal risparmio energetico ottenibile o per altre procedure finanziarie da definire in un secondo momento con la stazione appaltante.

Tabella 9.8– Analisi dei costi della EEM8: Installazione impianto fotovoltaico

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> ]	[€]	[€]	[€]	
Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da:								
1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato).								
2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento.								
3. Quadro di parallelo inverter.								
4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie.								
5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale.								
Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie								
Con potenza complessiva per singolo impianto:								
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€	592,03	€	722,28
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€	1.381,41	€	1.685,32

TOTALE (I <sub>0</sub> – EEM8)		€	21.708	22%	€
Incentivi	[Conto termico]				26.484
Durata incentivi					5
Incentivo annuo		€			-

## 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<sub>0</sub> 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<sub>0</sub> 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<sub>n</sub> 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<sub>ve</sub> = 0.7%** e dei servizi di manutenzione **f<sub>m</sub> = 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: Realizzazione cappotto termico**

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Realizzazione cappotto termico

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	$I_0$	€	46.811
Oneri Finanziari % $I_0$	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	3.745
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	<b>TRS</b>	25,4	14,7
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	42,4	25,0

Valore attuale netto	<b>VAN</b>	-	14.072	2.600
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>		1,0%	4,7%
Indice di profitto	<b>IP</b>		-0,30	0,06

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

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

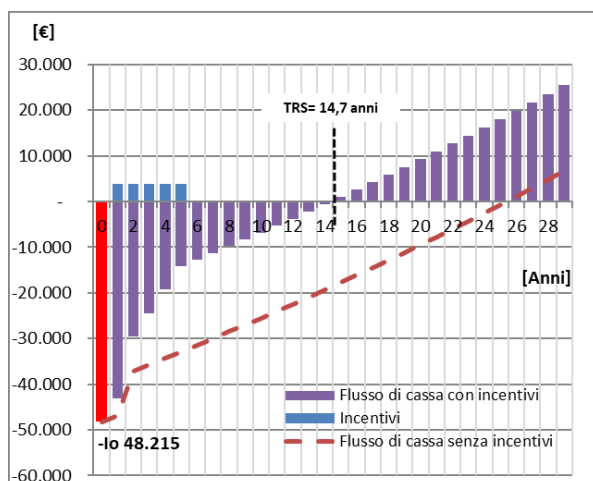
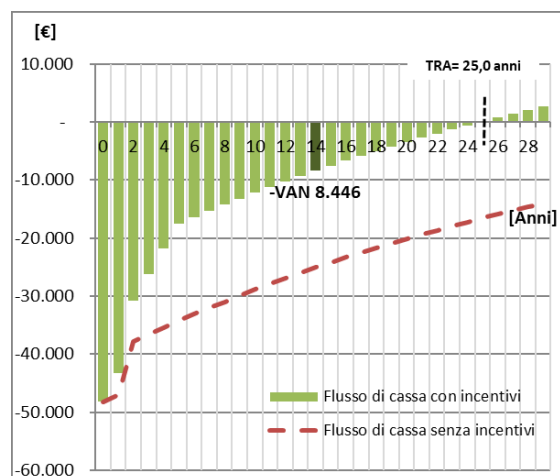


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di cappottatura delle facciate verticali esterne ha un TRS di 14,7 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 medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 25,4 anni.

**EEM2: Coibentazione del solaio verso sottotetto**

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

Tabella 9.10– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione solaio verso sottotetto

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>I<sub>0</sub></b>	€ 7.738
Oneri Finanziari % <sub>0</sub>	<b>OF</b>	[%] 3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni 3
Vita utile	<b>n</b>	anni 30
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno 619
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni 5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	6,8 / 4,3
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	8,4 / 4,8
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	11.589 / 14.345
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	14,4% / 19,3%
Indice di profitto	<b>IP</b>	1,50 / 1,85



I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e Figura 9.24.

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

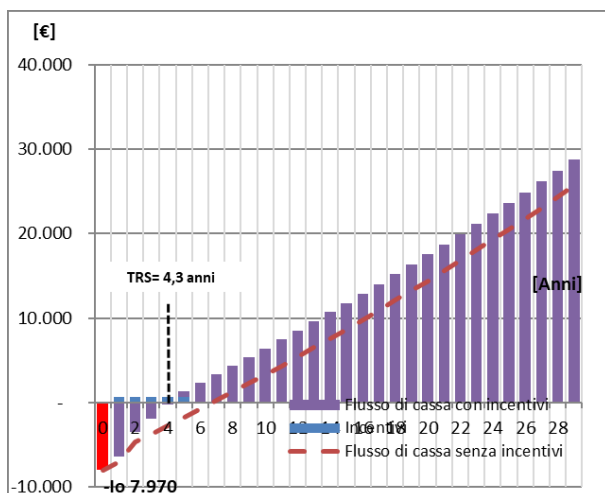
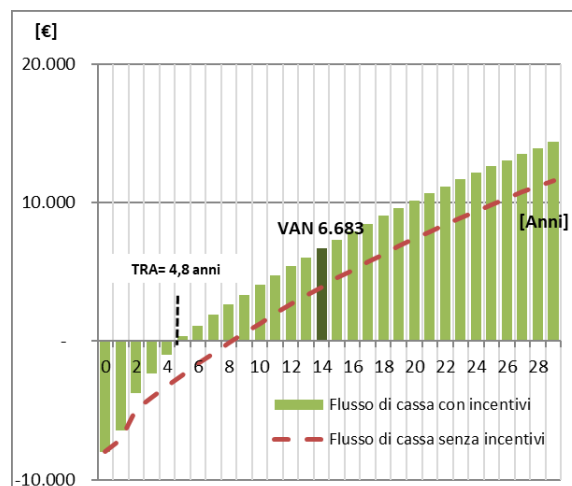


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di coibentazione del solaio verso sottotetto ha un TRS di 4,3 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 medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile sul breve periodo in quanto il TRS è di 6,8 anni.

### **EEM3: Insufflaggio intercapedine pareti esterne con fiocchi di cellulosa**

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Insufflaggio intercapedine pareti esterne con fiocchi di cellulosa

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	$I_0$	€	13.162
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	1.049
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	20,0	20,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	34,0	34,0
Valore attuale netto	VAN	-1.606	-1.606
Tasso interno di rendimento	TIR	2,9%	2,9%
Indice di profitto	IP	-0,12	-0,12

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.1 5 e Figura 9.2 6.

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

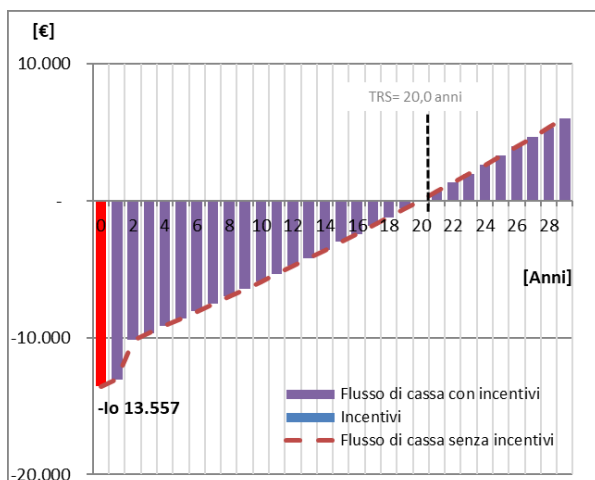
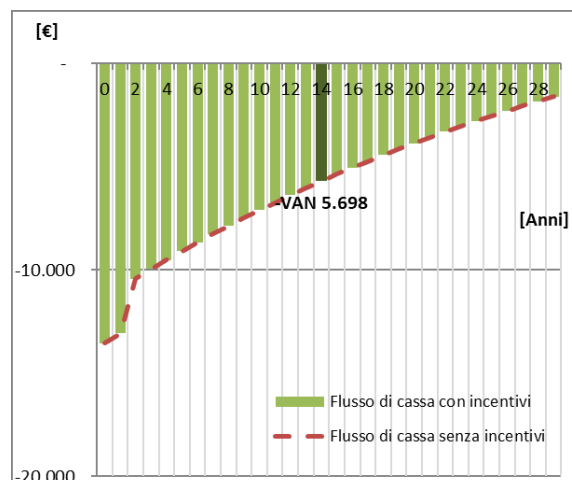


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di insufflaggio delle casevuote ha un TRS di 20 anni non considerando l'incentivo del Conto Termico pari al 40% dei costi in quanto non sono raggiunti limiti di trasmittanza previsti. Pertanto, tale intervento può essere preso in considerazione solo sul lungo periodo.

#### **EEM4: Sostituzione serramenti**

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

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	<b>Io</b>	€	97.956
Oneri Finanziari %Io	<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	30
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>	49,3	49,3
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	73,6	73,6
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 59.747	- 59.747
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-3,6%	-3,6%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,61	-0,61

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

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

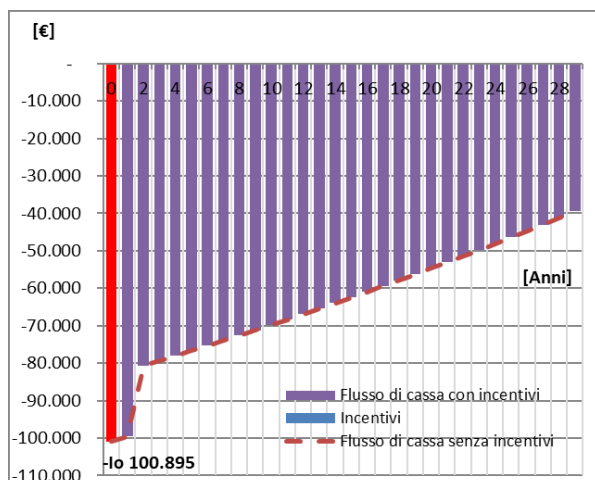
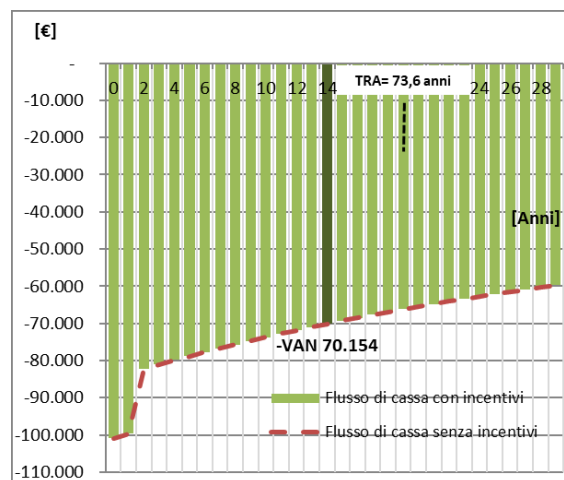


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione dei serramenti ha un TRS di 49,3 anni considerando di non ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi. Pertanto, tale intervento può essere preso in considerazione solo su scenari di lungo periodo.

### EEM5: Termoregolazione

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

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– Installazione impianto di termoregolazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	$I_0$	€	1.331
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,5	6,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,7	7,7
Valore attuale netto	VAN	798	798
Tasso interno di rendimento	TIR	12,4%	12,4%
Indice di profitto	IP	0,60	0,60

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

Figura 9.9 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

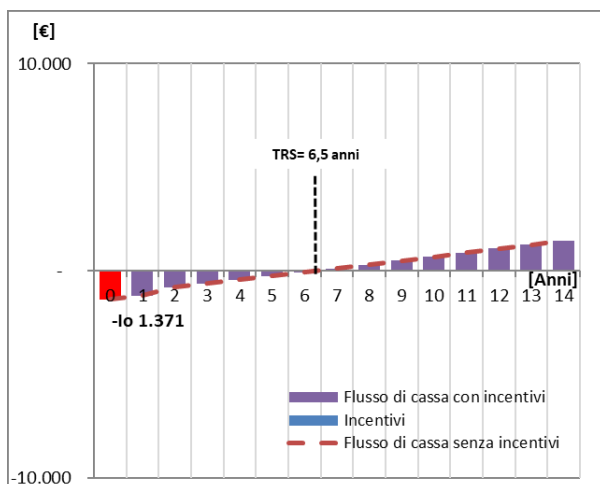
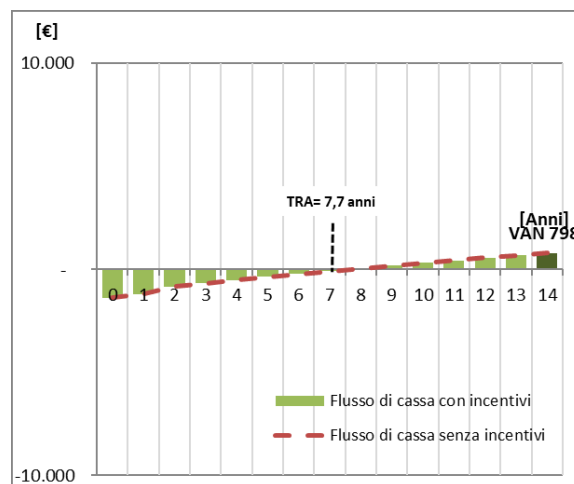


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento della termoregolazione ha un TRS di 6,5 anni considerando che come singolo intervento non è previsto il contributo del Conto Termico, può essere preso in considerazione solamente se aggregato con la sostituzione del generatore (la sua voce di costo è ammissibile all'interno di quello totale del generatore). Tuttavia tale intervento è necessario per l'aumento delle percentuali di sovvenzione previste del conto termico laddove si preveda anche la coibentazione dell'involucro opaco e la sostituzione degli infissi.

### **EEM6: Efficiamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED**

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

Tabella 9.14 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6– Efficiamento sistema di illuminazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 26.511
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 2.091
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	25,7 / 11,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	28,8 / 12,9
Valore attuale netto	VAN	- 19.709 / - 10.401
Tasso interno di rendimento	TIR	-28,5% / -11,1%
Indice di profitto	IP	-0,74 / -0,39

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.2.

Figura 9.11 –EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

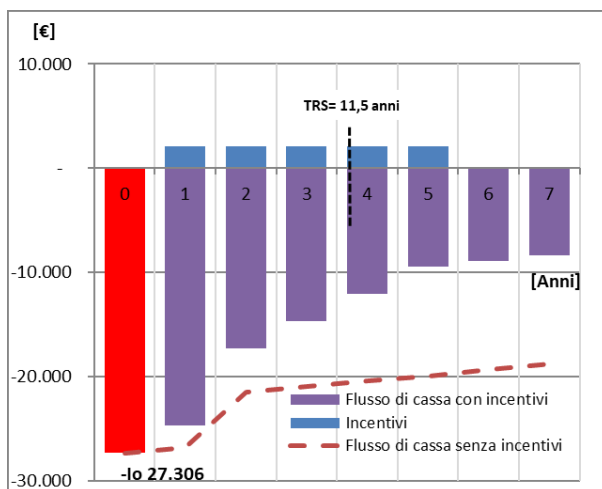
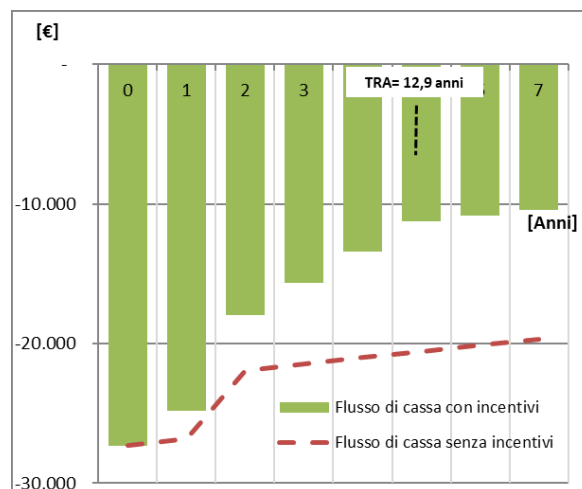


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione dei sistemi di illuminazione esistenti con nuovi a LED ha un TRS di 11,5 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 risulta essere troppo alto anche prendendo in considerazione scenari su lungo periodo in quanto il TRS è di 25,7 anni. Tuttavia è necessario valutare il fatto che la vita utile di tali sistemi è di circa 8 anni e pertanto dovrebbe essere prevista una loro sostituzione su periodi superiori, in questo caso gli interventi potrebbero non essere più convenienti come è dimostrato dal valore del VAN negativo sia nel caso non incentivato che incentivato.

### EEM6: Efficientamento generatore di calore

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

Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM7– Sostituzione generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€ 15.441
Oneri Finanziari %Io	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n <sub>IVA</sub>	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno 1.235
Durata incentivo	n <sub>B</sub>	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,9
Valore attuale netto	VAN	19.611
Tasso interno di rendimento	TIR	20,4%
Indice di profitto	IP	1,27
		VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice		3,2
Tempo di rientro attualizzato		3,5
Valore attuale netto		25.110
Tasso interno di rendimento		26,9%
Indice di profitto		1,63

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.13 e Figura 9.2.

Figura 9.13 –EEM7: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

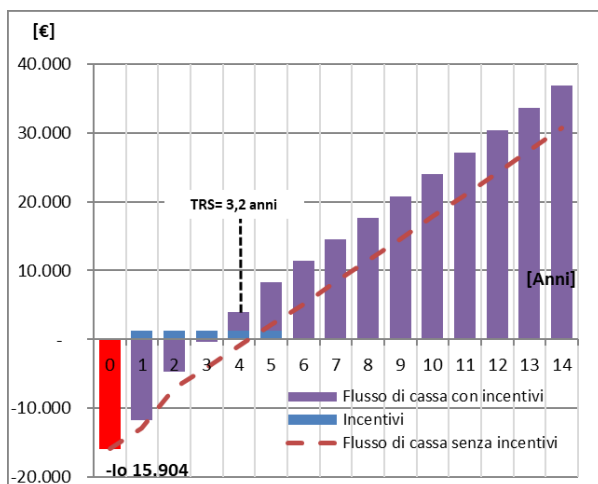
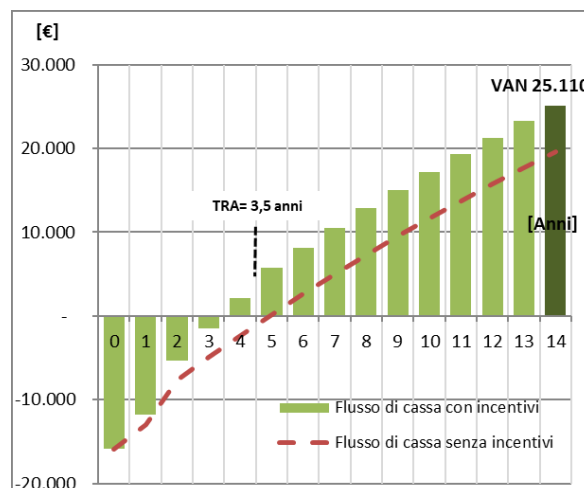


Figura 9.14 – EEM7: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione del generatore ha un TRS di 3,2 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 sostenibile su un medio/lungo periodo in quanto il TRS è di 4,4 anni. Pertanto tale intervento rientra su tali scenari.

**EEM8: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili – installazione di un impianto fotovoltaico (scenario a 15 anni)**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 8 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.16 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM8– Installazione impianto fotovoltaico su scenario 15 anni

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	$I_0$	€	26.484
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	20
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	11,3	11,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,5	15,5
Valore attuale netto	VAN	4.348	4.348
Tasso interno di rendimento	TIR	6,0%	6,0%

Indice di profitto

IP

0,16

0,16

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.15 e Figura 9.2.

Figura 9.15 –EEM8: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

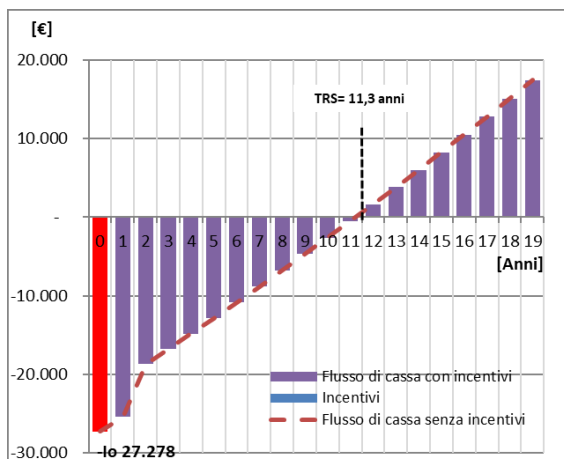
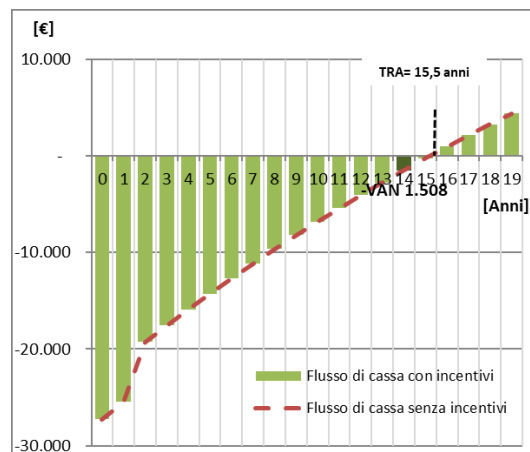


Figura 9.16 – EEM8: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento installazione di un impianto fotovoltaico ha un TRS di 11,3 anni senza incentivi dal Conto Termico. Per questo non c'è alcuna differenza tra lo scenario senza e con incentivo. La valutazione economica risultante consente di ottenere un risparmio energetico a fronte della spesa necessaria per l'intervento.

**EEM8: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili – installazione di un impianto fotovoltaico (scenario a 25 anni)**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 8 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.17 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM8– Installazione impianto fotovoltaico su scenario 25 anni

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 26.484
Oneri Finanziari % $l_0$	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni 3
Vita utile	n	anni 20
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	$n_B$	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		
Tempo di rientro semplice	TRS	VALORE SENZA INCENTIVI 10,9 / VALORE CON INCENTIVI 10,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	VALORE SENZA INCENTIVI 14,7 / VALORE CON INCENTIVI 14,7
Valore attuale netto	VAN	5.246 / 5.246
Tasso interno di rendimento	TIR	6,4% / 6,4%

Indice di profitto

IP

0,20

0,20

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.17 e Figura 9.2.

Figura 9.17 –EEM8: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

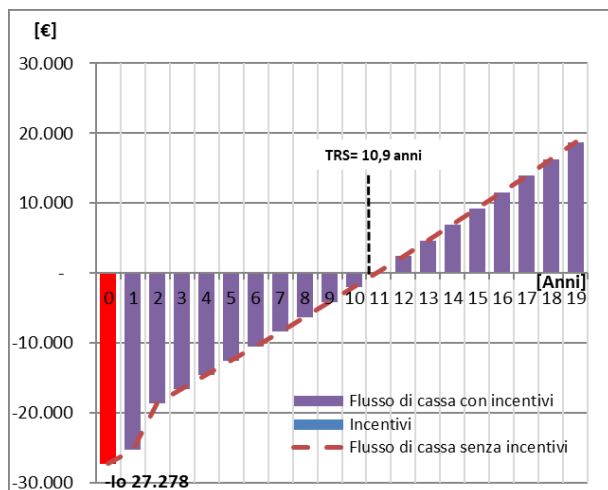
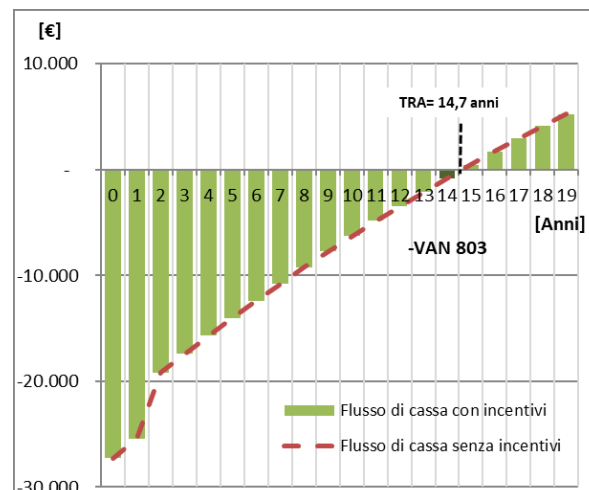


Figura 9.18 – EEM8: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento installazione di un impianto fotovoltaico ha un TRS di 10,9 anni senza incentivi dal Conto Termico. Per questo non c'è alcuna differenza tra lo scenario senza e con incentivo. La valutazione economica risultante consente un risparmio energetico anche a fronte di una spesa con importo pieno. Questa seconda strategia si fonda su una baseline ridotta che corrisponde allo scenario della sostituzione del generatore a lungo periodo.

### Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.18 e Tabella 9.19. Tabella 9.19

Tabella 9.18 – 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	16	16,6	1.625,1	0,0	0,0	-46.811	25,4	42,4	-14.072<0	1,0	-0,30
EEM 2	11,1	11,5	1.127,2	0,0	0,0	-7.738	6,8	8,4	11.589>0	14,4	1,50
EEM 3	5,9	6,2	602	0,0	0,0	-13.162	20	34	-1.606<0	2,9	-0,12
EEM 4	14,5	2,0	206,9	0,0	0,0	-1.531,2	49,3	73,6	-59.747<0	-3,6	-0,61
EEM 5	2	2,1	207	0,0	0,0	-1.331	6,5	7,7	798>0	12,4	0,60
EEM 6	6,1	5,6	616	0	0	-26.511	25,7	28,8	-19.709<0	-28,5	-0,74
EEM 7	7,6	6,7	655	2.360	627	-15.441	4,4	4,9	19.611>0	20,4	1,27
EEM 8 15 anni	22,3	20,5	2.269	0	0	-26.484	11,3	15,5	4.348	6	0,16
EEM 8 25 anni	23,1	21,2	2.344	0	0	-26.484	10,9	14,7	5.246	6,4	0,2

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 CO<sub>2</sub> rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta_{CE}$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta_{CMO}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta_{CMS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Tabella 9.19 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI										
	$\% \Delta_E$ [%]	$\% \Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta_{CE}$ [€/anno]	$\Delta_{CMO}$ [€/anno]	$\Delta_{CMS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	16	16,6	1.625,1	0,0	0,0	-46.811	14,7	25,0	2.600>0	4,7	0,06
EEM 2	11,1	11,5	1.127,2	0,0	0,0	-7.738	4,3	4,8	14.345>0	19,3	1,85
EEM 3	5,9	6,2	602	0,0	0,0	-13.162	20	34	-1.606<0	2,9	-0,12
EEM 4	14,5	2,0	206,9	0,0	0,0	-1.531,2	49,3	73,6	-59.747<0	-3,6	-0,61
EEM 5	2	2,1	207	0,0	0,0	-1.331	6,5	7,7	798>0	12,4	0,60
EEM 6	6,1	5,6	616	0	0	-26.511	11,5	12,9	-10.401<0	-11,1	-0,39
EEM 7	7,6	6,7	655	2.360	627	-15.441	3,2	3,5	25.110>0	26,9	1,63
EEM 8 15 anni	22,3	20,5	2.269	0	0	-26.484	11,3	15,5	4.348	6	0,16
EEM 8 25 anni	23,1	21,2	2.344	0	0	-26.484	10,9	14,7	5.246	6,4	0,2

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie agli incentivi previsti dal Conto Termico del D.M. del 16 febbraio 2016 tutti gli interventi simulati raggiungono dei tempi di ritorno semplici inferiori ai 15 anni ad esclusione della sostituzione dei serramenti. 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 con FTT. Si segnala, inoltre, che interventi aggregati sull'intero sistema edificio impianti consentono di aumentare la percentuale di contribuzione relativa al meccanismo incentivante del Conto Termico, migliorando ulteriormente la sostenibilità economica.

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

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

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

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

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

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzioni 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 usato coincide con il WACC (costo medio ponderato del capitale) ed è posto pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

1) Debt Service Cover Ratio (DSCR):

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

Dove:

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

2) Loan Life Cover Ratio (LLCR):

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: 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≤25 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 3: Coibentazione sottotetto
- EEM 4: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 6: Installazione di un nuovo generatore di calore
- EEM 7: Installazione impianto fotovoltaico

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
-------------------	-------------------------	------------	-------------------------

	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	5766	1268	7034
EEM4 Fornitura & Posa	992	218	1210
EEM6 Fornitura & Posa	11505,6	2531	14037
EEM7 Fornitura & Posa	19734	4332	24076
Costi per la sicurezza	1140	250	1391
Costi per la progettazione	2660	584	3245
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>41797</b>	<b>9184</b>	<b>50993</b>
<b>VOCE MANUTENZIONE</b>	<b>C<sub>Mo</sub></b> <b>(IVA INCLUSA)</b>	<b>C<sub>MS</sub></b> <b>(IVA INCLUSA)</b>	<b>C<sub>M</sub></b> <b>(IVA INCLUSA)</b>
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM6 O&M	2.360	627	2.988
EEM7 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.360</b>	<b>627</b>	<b>2.988</b>
<b>VOCE INCENTIVO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>TOTALE</b> <b>(IVA INCLUSA)</b>	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>13480</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>2696</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 meno del fotovoltaico che non è stato valutato con incentivi.

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 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

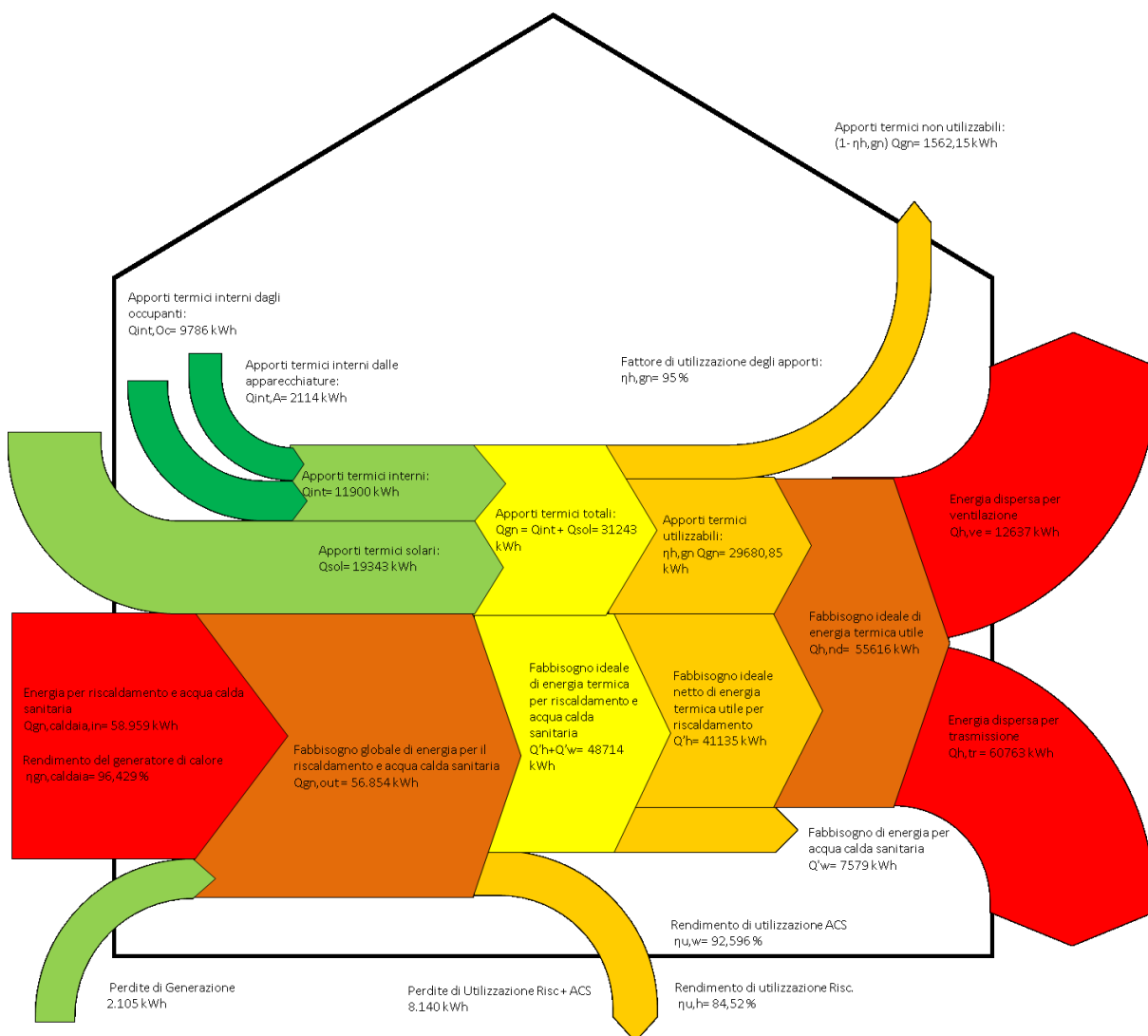
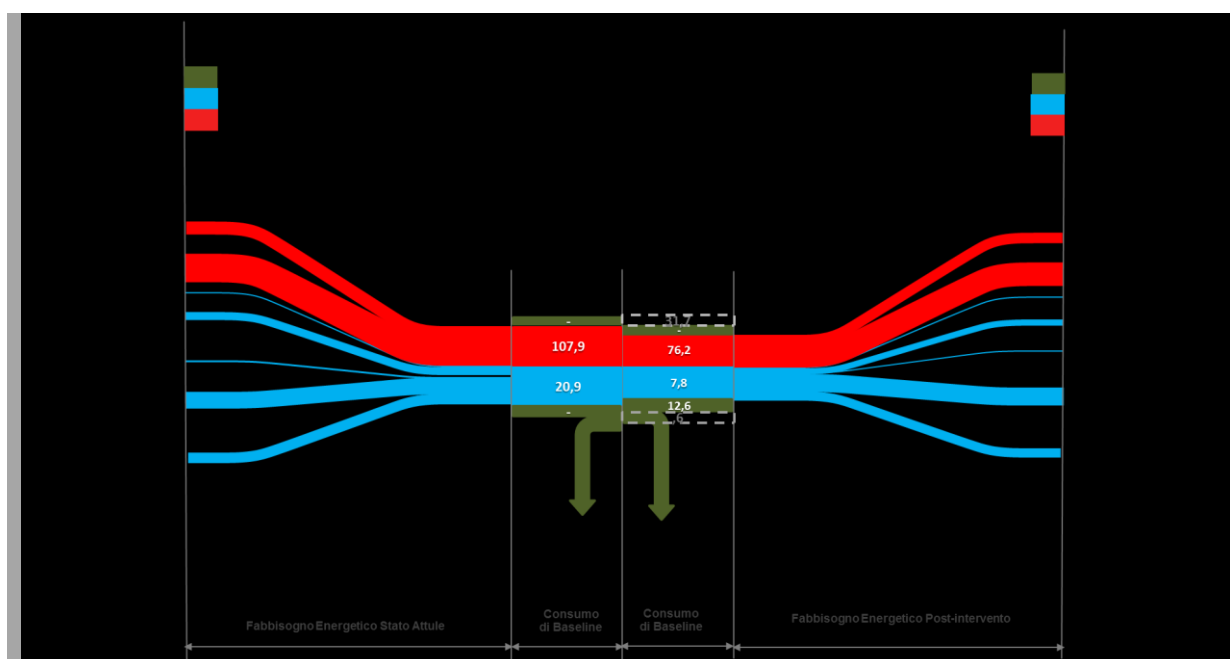


Figura 9.20 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.21 e nella Figura 9.21

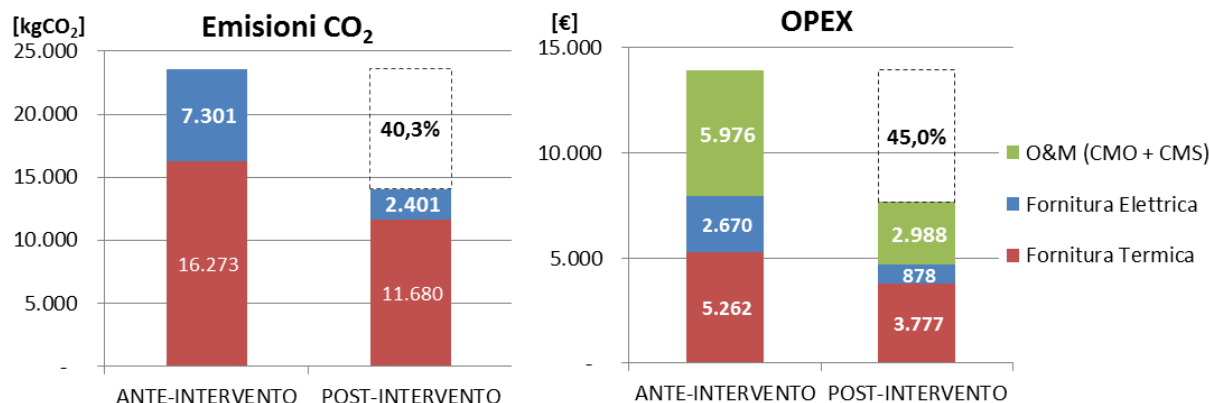
Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN1 – Scenario ottimale TRS≤15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM3 [Trasmittanza termica]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,83	0,18	<b>90,2%</b>
EM4 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	96%	99%	<b>-3,1%</b>
EM6 [Efficienza sottosistema di generazione]	[%]	83,7	97,70%	<b>98,8%</b>
EM7 [-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	83.492	59.928	<b>28,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.596	5.788	<b>67,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	80.558	57.822	<b>28,2%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	15.633	5.142	<b>67,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	11.680	<b>28,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	2.401	<b>67,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>14.082</b>	<b>40,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.262	3.777	<b>28,2%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.670	878	<b>67,1%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.931</b>	<b>4.655</b>	<b>41,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.721	2.360	<b>50,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.255	627	<b>50,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.976</b>	<b>2.988</b>	<b>50,0%</b>
OPEX	[€]	<b>13.907</b>	<b>7.643</b>	<b>45,0%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	+2 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: 0,065 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,171 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.21 - 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 9.22, Tabella 9.23 e Tabella 9.24 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – 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.	$I_o$	€ 50.993
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.530
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 52.523
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 42.018
Equity	$I_E$	€ 10.505
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	8,30
Rata annua debito	$q_D$	€ 5.061
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 50.613
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 8.595

Tabella 9.23 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{Eo}$	€ 7.931
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{Mo}$	€ 4.661
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 12.592
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	41,3%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	10,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 5.074
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.259
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 40.866
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 6.708
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	28,49%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{Esco}$	€ 1.069

Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	€	614
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	€	2.132
Canone O&M €/anno	<b>C<sub>nM</sub></b>	€	2.420
Canone Energia €/anno	<b>C<sub>nE</sub></b>	€	5.098
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>C<sub>nS</sub></b>	€	7.518
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>C<sub>nD</sub></b>	€	3.815
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>C<sub>n</sub></b>	€	<b>11.333</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	€	9.195
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	€	13.480
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.24 – 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>8,36</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>10,93</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ <b>8.642</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>7,19%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>16,95%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>3,14</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>3,90</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ <b>5.546</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>25,21%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,191</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	<b>1,298</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>10,88%</b>

Figura 9.22 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

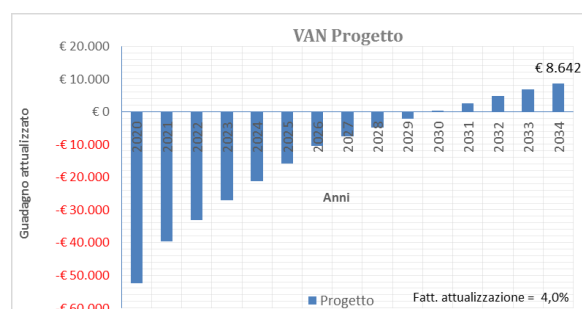
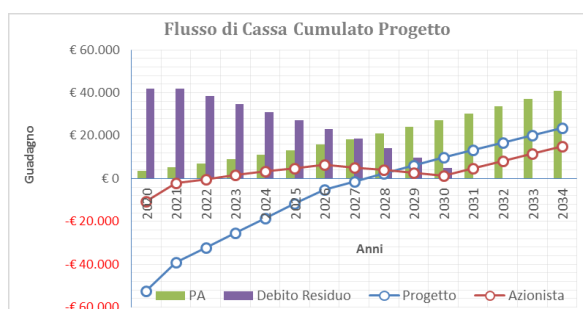


Figura 9.23 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

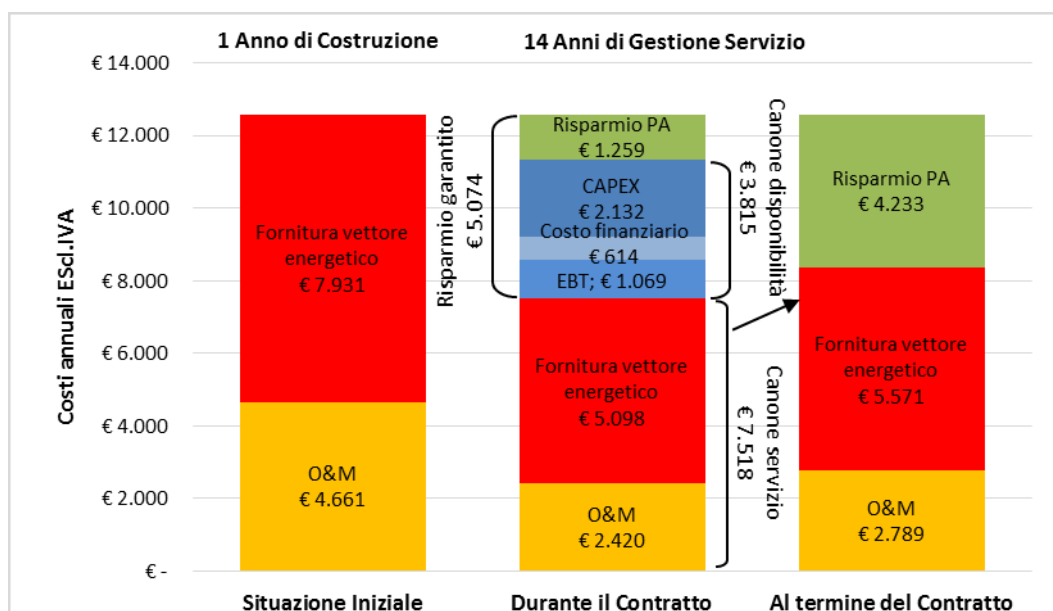




Dall'analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti. Si segnala un periodo di criticità nei flussi di cassa dell'azionista tra il nono ed il decimo anno.

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 9.24.

Figura 9.24 – 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 perimetrali
- EEM 3: Coibentazione sottotetto
- EEM 4: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 5: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led
- EEM 6: Installazione di un nuovo generatore di calore
- EEM 7: Installazione impianto fotovoltaico

Tabella 9.25 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]

EEM1 Fornitura & Posa	34882	7674	42555
EEM3 Fornitura & Posa	5766	1268	7034
EEM4 Fornitura & Posa	992	218	1210
EEM5 Fornitura & Posa	19755	4346	24101
EEM6 Fornitura & Posa	11505,6	2531	14037
EEM7 Fornitura & Posa	19734	4332	24076
Costi per la sicurezza	2779	611	3390
Costi per la progettazione	6484	1426	7911
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>101898</b>	<b>22406</b>	<b>124314</b>
<b>VOCE MANUTENZIONE</b>	<b>C<sub>MO</sub></b> <b>(IVA INCLUSA)</b>	<b>C<sub>MS</sub></b> <b>(IVA INCLUSA)</b>	<b>C<sub>M</sub></b> <b>(IVA INCLUSA)</b>
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	0	0	0
EEM6 O&M	2.360	627	2.988
EEM7 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.360</b>	<b>627</b>	<b>2.988</b>
<b>VOCE INCENTIVO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>TOTALE</b> <b>(IVA INCLUSA)</b>	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>49680</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>9936</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 meno del fotovoltaico che non è stato valutato con incentivi.

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

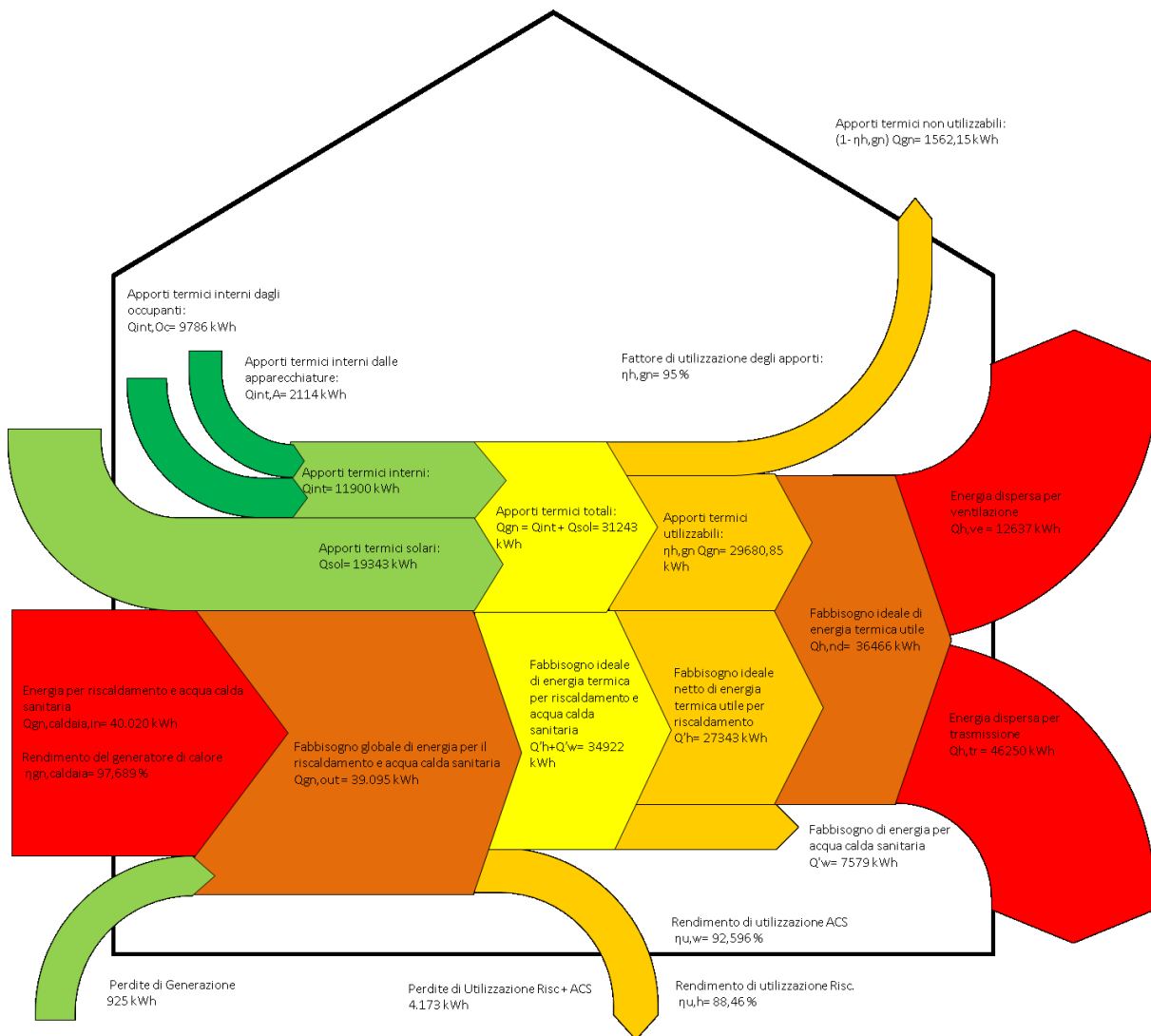
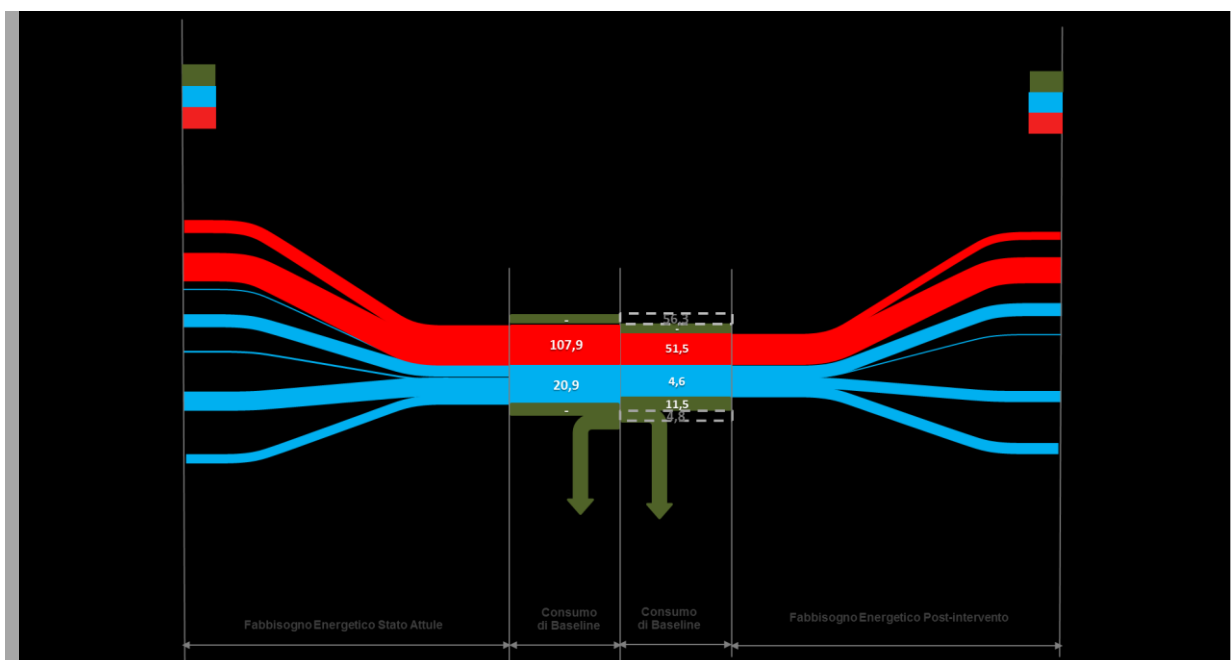


Figura 9.26 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21 e nella Figura 9.21

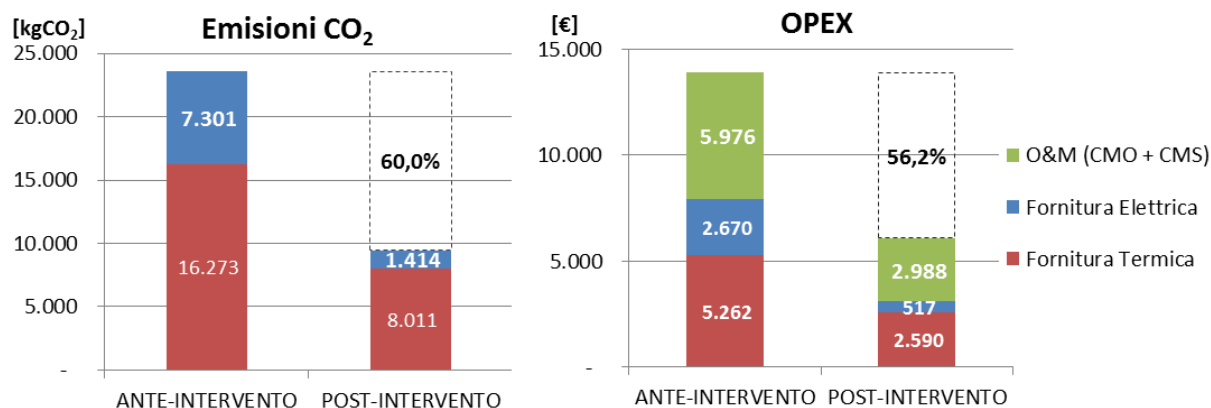
Tabella 9.26 – Risultati analisi SCN2 – Scenario ottimale TRS<sub>≤25</sub> anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,155	0,246	<b>78,7%</b>
EM3 [Trasmittanza termica]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,83	0,18	<b>90,2%</b>
EM4 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	96%	99%	<b>-3,1%</b>
EM5 [-]	[-]	[-]	[-]	[-]
EM6 [Efficienza sottosistema di generazione]	[%]	83,7	97,70%	<b>98,8%</b>
EM7 [-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	83.492	41.102	<b>50,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.596	3.408	<b>80,6%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	80.558	39.658	<b>50,8%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	15.633	3.028	<b>80,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.273	8.011	<b>50,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	7.301	1.414	<b>80,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>23.573</b>	<b>9.425</b>	<b>60,0%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.262	2.590	<b>50,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.670	517	<b>80,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.931</b>	<b>3.107</b>	<b>60,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.721	2.360	<b>50,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.255	627	<b>50,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.976</b>	<b>2.988</b>	<b>50,0%</b>
OPEX	[€]	<b>13.907</b>	<b>6.095</b>	<b>56,2%</b>
Classe energetica	[-]	E	A1	+4 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: 0,065 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,171 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.27 – 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 9.22, Tabella 9.23 e Tabella 9.24 e nelle successive figure.

Tabella 9.27 – 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%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{pogetto}$	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.	$I_o$	€ 124.315
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.729
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 128.044
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 102.436
Equity	$I_E$	€ 25.609
Fattore di annualità Debito	FA <sub>D</sub>	8,30
Rata annua debito	$q_D$	€ 12.339
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 123.389
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	INT <sub>D</sub> = $q_D * n_D - D$	€ 20.954

Tabella 9.28 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 7.931
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 4.661
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 12.592
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	60,8%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.487

Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€ 126
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€ 55.298
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€ 9.646
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	<b>59,18%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	<b>C<sub>ESCO</sub></b>	€ 3.157
Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	€ 873
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	€ 2.331
Canone O&M €/anno	<b>CnM</b>	€ 2.482
Canone Energia €/anno	<b>CnE</b>	€ 3.623
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>CnS</b>	€ 6.105
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>CnD</b>	€ 6.361
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>Cn</b>	<b>€ 12.466</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	€ 22.417
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	€ 49.680
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>	<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno		<b>2022</b>

Tabella 9.299 – 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>9,24</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>13,23</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 34.600</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>7,78%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>27,83%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>3,86</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>8,96</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 15.043</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>19,09%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,093</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	<b>1,771</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>12,10%</b>

Figura 9.289 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

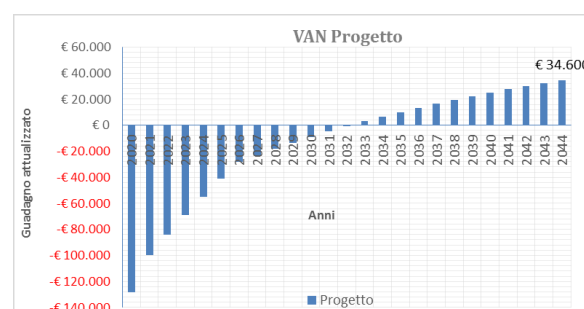
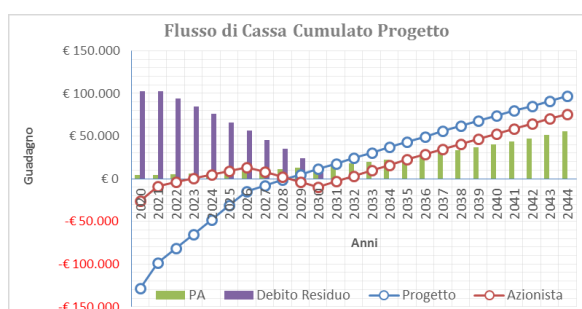


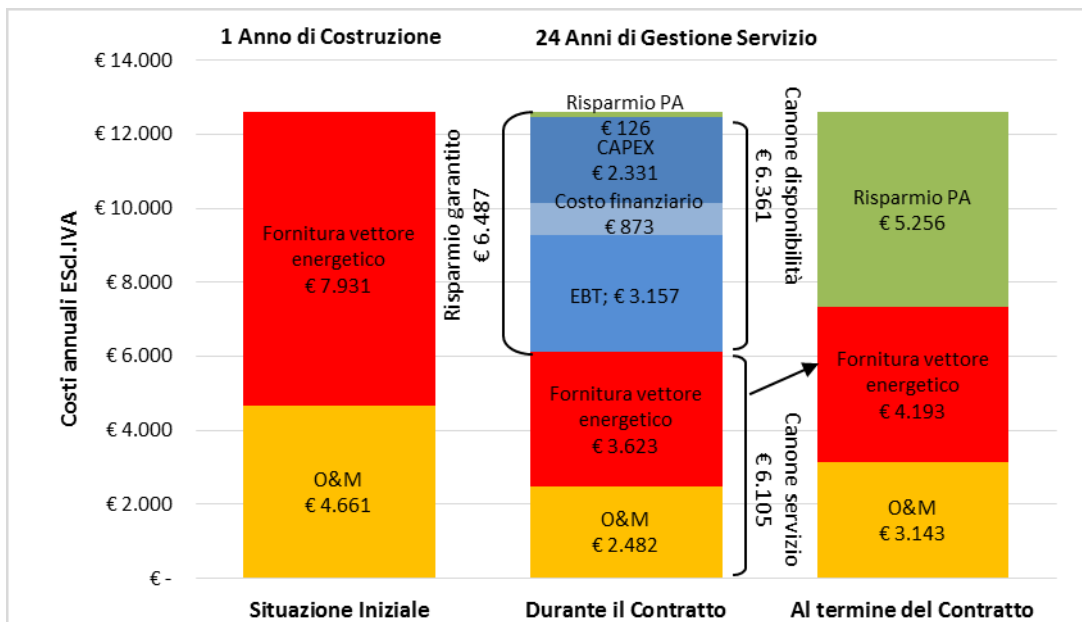
Figura 9.30 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti. Si segnala un periodo di criticità nei flussi di cassa dell'azionista tra l'ottavo ed tredicesimo 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 9.24.

Figura 9.29 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita la scuola comunale d'infanzia "Chighizola" poche possibilità di efficientamento energetico. 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 conseguenti 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 <sup>2</sup> q anno	149.3	156.9	118.6	134.9	95.7	109.5
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/m <sup>2</sup> q anno	105.6	105.9	90.5	90.7	73.6	73.8
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/m <sup>2</sup> q anno	26.5	29.5	18.5	23.5	17.2	22.5
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/m <sup>2</sup> q anno	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/m <sup>2</sup> q anno	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/m <sup>2</sup> q anno	17.3	21.45	9.7	20.8	4.95	13.2
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/m <sup>2</sup> q anno	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	29.5	31	21	24	16.6	19

### 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 perimetrali
- EEM 2: Coibentazione solaio verso sottotetto
- EEM 3: Coibentazione con insufflaggio
- EEM 4: Sostituzione serramenti
- EEM 5: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led

Gli interventi “to be clean” simulati sono stati:

- EEM 7: Efficientamento sistema di generatore

Gli interventi “to be green” simulati sono stati:

- EEM 8: Installazione impianto fotovoltaico

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: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 7: Installazione di un nuovo generatore di calore
- EEM 8: Installazione impianto fotovoltaico

Interventi previsti nello scenario a 25 anni:

- EEM 1: Coibentazione pareti esterne perimetrali
- EEM 2: Coibentazione sottotetto
- EEM 5: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led
- EEM 7: Installazione di un nuovo generatore di calore
- EEM 8: Installazione impianto fotovoltaico

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	16	16,6	1.625,1	0,0	0,0	-46.811	14,7	25,0	2.600>0	4,7	0,06
EEM 2	11,1	11,5	1.127,2	0,0	0,0	-7.738	4,3	4,8	14.345>0	19,3	1,85
EEM 3	5,9	6,2	602	0,0	0,0	-13.162	20	34	-1.606<0	2,9	-0,12
EEM 4	14,5	2,0	206,9	0,0	0,0	-1.531,2	49,3	73,6	-59.747<0	-3,6	-0,61
EEM 5	2	2,1	207	0,0	0,0	-1.331	6,5	7,7	798>0	12,4	0,60
EEM 6	6,1	5,6	616	0	0	-26.511	11,5	12,9	-10.401<0	-11,1	-0,39
EEM 7	7,6	6,7	655	2.360	627	-15.441	3,2	3,5	25.110>0	26,9	1,63
EEM 8 15 anni	22,3	20,5	2.269	0	0	-26.484	11,3	15,5	4.348	6	0,16
EEM 8 25 anni	23,1	21,2	2.344	0	0	-26.484	10,9	14,7	5.246	6,4	0,2

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

CON INCENTIVI												
% $\Delta E$	% $\Delta CO_2$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TR S	TRA	VAN	TIR	IP	DSC R	LLCR

priorità		%	%	€/anno	€/anno	€/anno	€	anni	anni	€	%	-		
4	EEM 1	16	16,6	1.625,1	0,0	0,0	-46.811	14,7	25,0	2.600>0	4,7	0,06	n/a	n/a
1	EEM 2	11,1	11,5	1.127,2	0,0	0,0	-7.738	4,3	4,8	14.345>0	19,3	1,85	n/a	n/a
5	EEM 3	5,9	6,2	602	0,0	0,0	-13.162	20	34	-1.606<0	2,9	-0,12	n/a	n/a
6	EEM 4	14,5	2,0	206,9	0,0	0,0	-1.531,2	49,3	73,6	-59.747<0	-3,6	-0,61	n/a	n/a
2	EEM 5	2	2,1	207	0,0	0,0	-1.331	6,5	7,7	798>0	12,4	0,60	n/a	n/a
3	EEM 6	6,1	5,6	616	0	0	-26.511	11,5	12,9	-10.401<0	-11,1	-0,39	n/a	n/a

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

CON INCENTIVI													
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSC <sub>R</sub>	LLCR
priorità	%	%	€/anno	€/anno	€/anno	€	anni	anni	€	%	-		
EEM 7	7,6	6,7	655	2.360	627	-15.441	3,2	3,5	25.110>0	26,9	1,63	n/a	n/a

Tabella 10.4 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be green, caso con incentivi

CON INCENTIVI													
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSC <sub>R</sub>	LLCR
priorità	%	%	€/anno	€/anno	€/anno	€	anni	anni	€	%	-		
EEM 8 15 anni	22,3	20,5	2.269	0	0	-26.484	11,3	15,5	4.348	6	0,16	n/a	n/a
EEM 8 25 anni	23,1	21,2	2.344	0	0	-26.484	10,9	14,7	5.246	6,4	0,2	n/a	n/a

Tabella 10.5 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica scenari di intervento a 15 e 25 anni, caso con incentivi

CON INCENTIVI													
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSC <sub>R</sub>	LLCR
priorità	%	%	€/anno	€/anno	€/anno	€	anni	anni	€	%	-		
SCN 1	41,3	40,3	3.277*	1.454*	387*	50.993	3,1	3,9	5.546	25,2	10,9	1,2	1,3
SCN 2	60,8	60	4.824*	1.454*	387*	124.315	3,9	9	15.043	19	12	1,1	1,7

\*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 COMMITENZA

Titolo	Data	Nome file
01_Planimetrie	08.11.17	01_Involucro E00273, PIAN1, PIAN2, PIANC
		02_Termici 157-S01-001-CENTRALE TERMICA, L1-042-157-P00, L1-042-157-P01, L1-042-157-S01, L1-042-157-P00-Checklist, L1-042-157-P01-Checklist, L1-042-157-S01-Checklist
		03_Elettrici
02_Manutenzioni	08.11.17	01_Involucro vuoto
		02_Termici L1-042-157_00_Copertina-Elenco elaborati, L1-042-157_01_Relazione Tecnico Illustrativa, L1-042-157_02_Relazione Gas, L1-042-157_03_Relazione INAIL, L1-042-157_04_Relazione Fumi, L1-042-157_05_IM-PR-01, L1-042-157_06_IM-PR-02, L1-042-157_07_IM-PR-03, L1-042-157_08_IS-PR-01, L1-042-157_09_Capitolato
		03_Elettrici vuoto
		04_FER vuoto
03_Consumi (Bollette Elettricità 2014)	20.07.18	5700065495, 5700098218, 5700134957 5700176145, 5700214975, 5700248944 5700291206, 5700345541, 5700373449 5700411327, 5700493139, 5700493139
03_Consumi (Bollette Elettricità 2015)	20.07.18	5700493139, 5700544142, 5700081967 E000140844, E000163929, E000175672, E000337522, E000234065, E000281520 E000163929, E000386676, E000386676, 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, 011640011738, 011640087942 011640025275, 011640048519, 011640060830, 011640074903 011640126637, 011740042570 011640100078, 011740001581
03_Consumi (Bollette Gas 2014)	20.07.18	20141121806
03_Consumi (Bollette Gas 2015)	20.07.18	20151685, P150007518, P150015576 P150019771, P150032667, P150037967 P150048624, P160003881
03_Consumi (Bollette Gas 2016)	20.07.18	P160012671, P160023980, P160031417 EX15066/2016, P160041242, EX19107/2016 EX22893/2016, P160053190, EX26900/2016 EX31010/2016, EX33534/2016, EX38844/2016, EX43773/2016 EX03011/2017
03_Consumi (Tabella riepilogativa scuole)	20.07.18	kyotoBaseline-E273_rev10.xls

## ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Allegato B Elaborati	14.05.18	Allegato B Elaborati
Tavola con indicazione di impianti e zone termiche (dwg, PDF)		DE_Lotto.9-E273_Elaborati p1
		DE_Lotto.9-E273_Elaborati p2
Planimetria catastale		DE_Lotto.9-E273_rev.A-Allegato B- Planimetrie Catastali.pdf
Foto sopralluogo		
File grafici		DE_Lotto.9-E273-AllegatoB-Grafici

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C E273	14.05.18	Allegato C E273.doc

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

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO D Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	14.05.18	Lotto.9_Report prove diagnostiche strumentali_E273.doc

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO E Relazione di dettaglio dei calcoli	14.05.18	DE_E273_Baseline – Calcoli.rtf



## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO F Certificato CTI Software	14.05.18	CertCTI.pdf

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE STATO DI FATTO	14/05/18	DE_E273_APE_Baseline.rtf

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE SCENARIO 15 ANNI	14/05/18	E273_15 anni_FV+Caldiaia+VT+Coib. sottotetto - APE BOZZA.RTF
APE SCENARIO 25 ANNI	14/05/18	E273_25 anni_FV+Caldiaia+LED+VT+Cappotto e sottotetto - APE2015.RTF

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO I Dati climatici	14.05.18	GG_Lotto.9-E273.xls

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO J Schede Audit	14.05.18	E273_Scheda Audit_Template_rev2.xls

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO K Schede ORE	14.05.18	Schede ORE_E 273.doc

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
ANALISI PEF	14/05/18	E273_AnalisiPEF.xlsx

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO M Report di Benchmark	14.05.18	Lotto.9_benchmark E273.doc



## ALLEGATO N – CD-ROM