

Scuola dell'infanzia "Ginestrato" e Scuola primaria "Fontanarossa"

E692

Via Ginestrato 11, 13

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Maggio 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

 eden
edilizia energetica

Scuola dell’infanzia “Ginestrato” e Scuola primaria “Fontanarossa”

E692

Via Ginestrato 11, 13

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Maggio 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; www.comune.genova.it

[Gruppo Eden srls
Via della Barca 24/3, 40133, Bologna
Tel: 051-7166459 – info@gruppoeden.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
Rev. A	24/04/2018	Gruppo EDEN Srls	Resp. Inv e impianti Ing. E. Pifferi	Arch. Valentina Raisa	Prima emissione
Rev. B	07/06/2015	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Seconda emissione

INDICE

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.

	PAGINA
EXECUTIVE SUMMARY	5
INTRODUZIONE	7
1.1 PREMESSA	7
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	7
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	7
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	8
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	9
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	12
2 DATI DELL’EDIFICIO	13
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	13
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO.....	13
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI	14
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	15
3 DATI CLIMATICI.....	17
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	17
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	18
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	18
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	20
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO	20
<i>Involucro opaco</i>	<i>20</i>
<i>Involucro trasparente</i>	<i>21</i>
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	23
<i>Sottosistema di emissione</i>	<i>23</i>
<i>Sottosistema di regolazione.....</i>	<i>24</i>
<i>Sottosistema di distribuzione.....</i>	<i>25</i>
<i>Sottosistema di generazione.....</i>	<i>27</i>
LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.8.	27
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	28
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	28
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	28
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	29
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	29
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	30
5 CONSUMI RILEVATI	31
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	31
<i>Energia termica.....</i>	<i>31</i>
<i>Energia elettrica.....</i>	<i>34</i>
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	38
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO	42
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	42
<i>Validazione del modello termico.....</i>	<i>43</i>
<i>Validazione del modello elettrico.....</i>	<i>44</i>
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	44
6.3 MENSILI.....	46
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	48
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	48
<i>Vettore termico.....</i>	<i>48</i>
<i>Vettore elettrico.....</i>	<i>49</i>
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	52

7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	53
7.4	BASELINE DEI COSTI	53
TABELLA 7.6 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE		54
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	55
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	55
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	55
8.1.2	<i>Impianto di riscaldamento</i>	59
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	61
8.1.4	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	63
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA	66
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	66
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	71
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	79
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1 + EEM4</i>	81
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM3 + EEM4 + EEM6</i>	86
10	CONCLUSIONI	92
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	92
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	93
10.2.1	<i>Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:</i>	93
10.2.2	<i>Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi</i>	94
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI	95
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA		A
ALLEGATO B – ELABORATI		A
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI		1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI		1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT		1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE		1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK		1
ALLEGATO N – CD-ROM		1

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		1970
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.282,26
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.339,66
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	13.578,42
Rapporto S/V	[1/m]	0,393
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.506,99
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.118,86
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.838,05
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.956,91
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	414,40
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Produzione combinata e boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	46,87
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	129.827
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	10.389
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	44.197
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	9.253

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento delle pareti esterne;
- EEM 2: Isolamento del solaio verso il sottotetto;
- EEM 3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche;
- EEM 4: Sostituzione del generatore di calore e installazione delle valvole termostatiche;
- EEM 5: Installazione nuove plafoniere con lampade led;
- EEM 6: Installazione di un impianto fotovoltaico;
- SCN 1: Isolamento delle pareti esterne, sostituzione del generatore di calore e installazione valvole termostatiche;
- SCN 2: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche, sostituzione del generatore di calore, installazione di un 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													
	% Δ _E	% Δ _{CO2}	Δ C _E	Δ C _{MO}	Δ C _{MS}	I ₀	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM1	14,8	15,6	2.899	0	0	-142.497	23,6	>30	-25.279	1,4	-0,2	[n/a]	[n/a]
EEM2	4,8	5,1	941	0	0	-46.519	23,8	>30	-8.607	1,3	-0,2	[n/a]	[n/a]
EEM3	25,5	27,0	5.015	0	0	-312.917	32,3	>30	-99.824	-0,8	-0,3	[n/a]	[n/a]
EEM4	17,1	18,1	3.350	12.154	3.231	-36.078	1,7	1,8	151.095	52,8	4,2	[n/a]	[n/a]
EEM5	14,5	13,8	2.840	0	0	-47.381	8,8	>8	-9.395	-2,7	-0,2	[n/a]	[n/a]
EEM5	25,5	24,1	5.006	0	0	-60.032	11,6	15,8	8.198	5,6	0,1	[n/a]	[n/a]
SCN1	26,9	28,3	14.361	3.740	994	-182.475	6,4	7,5	79.224	11,7	0,4	1,4≈1,3	1,6 ≥1
SCN2	41,1	40,6	11.560	3.740	994	-398.211	13,1	20,6	30.171	5,0	0,1	1,1≈1,3	1,0 ≥1

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

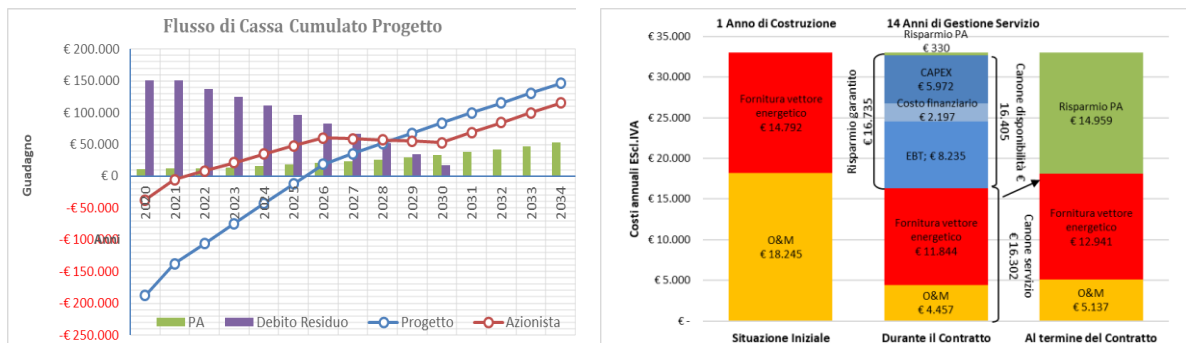
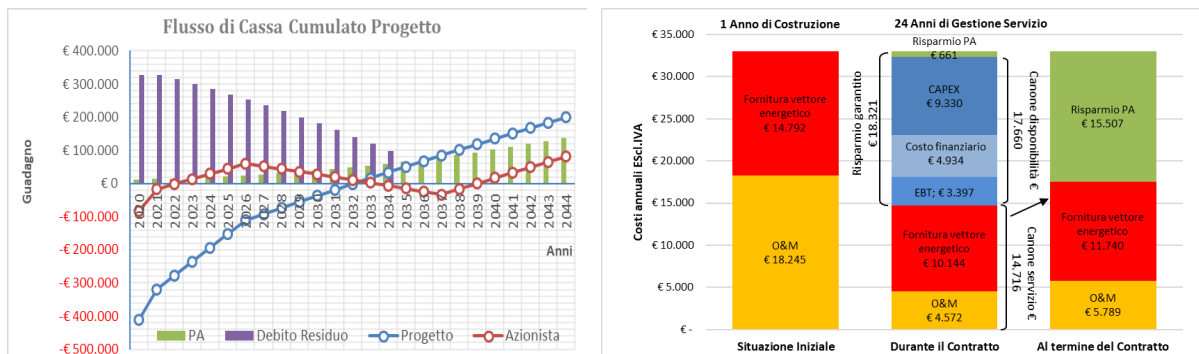


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l’involucro sia l’impianto nel rispetto dei vincoli dell’edificio oggetto di DE e gli scenari ottenuti sono stati condizionati dai requisiti imposti dalla committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni). Gli scenari prevedono interventi che coinvolgono sia l’involucro edilizio sia gli impianti termico ed elettrico, compreso il ricorso allo sfruttamento di forme di energia rinnovabile per l’SCN2. In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l’ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR (si veda Capitolo 9.3);

Lo scenario 1 consente il salto di due classi energetiche, un tempo di ritorno minore di 15 anni e ottimi valori per gli indicatori DSCR e LLCR.

Lo scenario 2 consente il salto di due classi energetiche, un tempo di ritorno minore di 25 anni e valori accettabili per gli indicatori DSCR e LLCR.

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 CO₂.

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dal Gruppo Eden srls il cui responsabile per il processo di audit è l’Arch. Valentina Raisa, soggetto certificato Esperto in Gestione dell’Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 0.1 - Vista della facciata [esposta a Nord-Ovest]



In Tabella 0.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 0.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Eugenio Ardeni	TA – Tecnico dell’analisi preliminare	Analisi del capitolato tecnico del bando e preparazione materiale per il sopralluogo
Ing. Eugenio Ardeni	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Ing. Alex Nonni	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Ing. Matteo Speranza	TC – Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Matteo Speranza	TC – Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Sonia Subazzoli	Esperto involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Emanuele Pifferi	Esperto Impianto	Revisione report di diagnosi energetica
Arch. Valentina Raisa	REDE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 35 Mapp. 1825 Sub. 2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Quezzi, in via Ginestrato, 11 e 13.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a sede dell’istituto comprensivo Quezzi, di cui fanno parte la scuola dell’infanzia “Ginestrato” e la scuola primaria “Fontanarossa” presenti all’interno dell’edificio.

Figura 0.2 – Ubicazione dell’edificio



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

Tabella 0.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1970
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.282,26
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.339,66
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	13.578,42
Rapporto S/V	[1/m]	0,393

Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.506,99
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.118,86
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.838,05
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.956,91
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore tradizionale a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	414,40
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Produzione combinata e boiler elettrici	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	46,87
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	129.827
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	10.389
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	44.197
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	9.253

Nota (1): Valori di Baseline

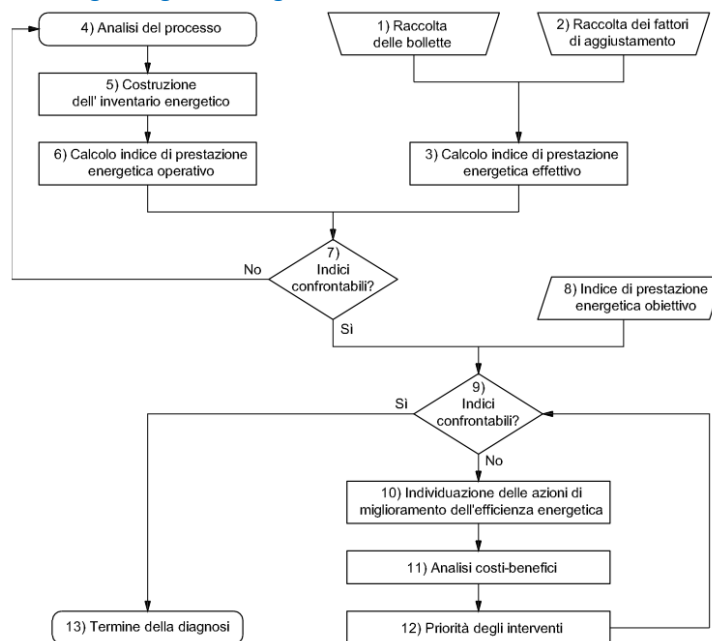
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 della documentazione fornita dalla committenza;
- 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 22/11/2017 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, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Namirial Termo 4.2, rilasciato dalla Namirial Spa in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) in data 29/06/2016, protocollo n.71, come rispondente alle specifiche tecniche UNI TS 11300, 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_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell’Università di Genova e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e

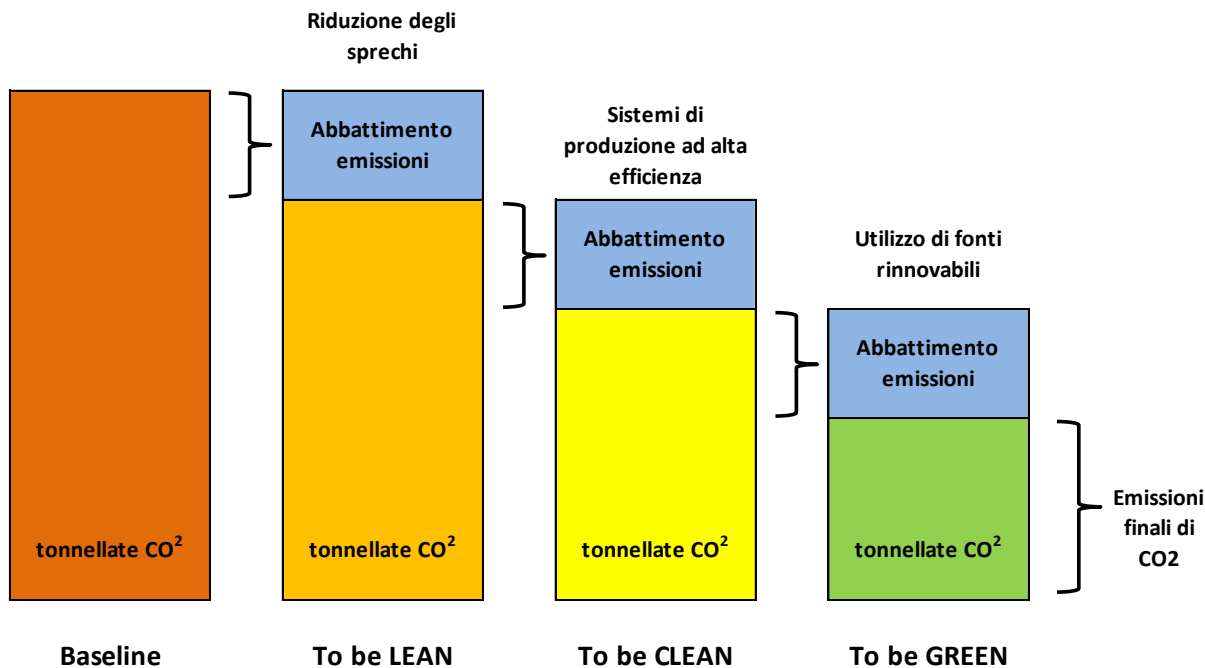
- destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai 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 0.3 – 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 0.4

Figura 0.4 - 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 CO₂, 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 energetica 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 dalle riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall’installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

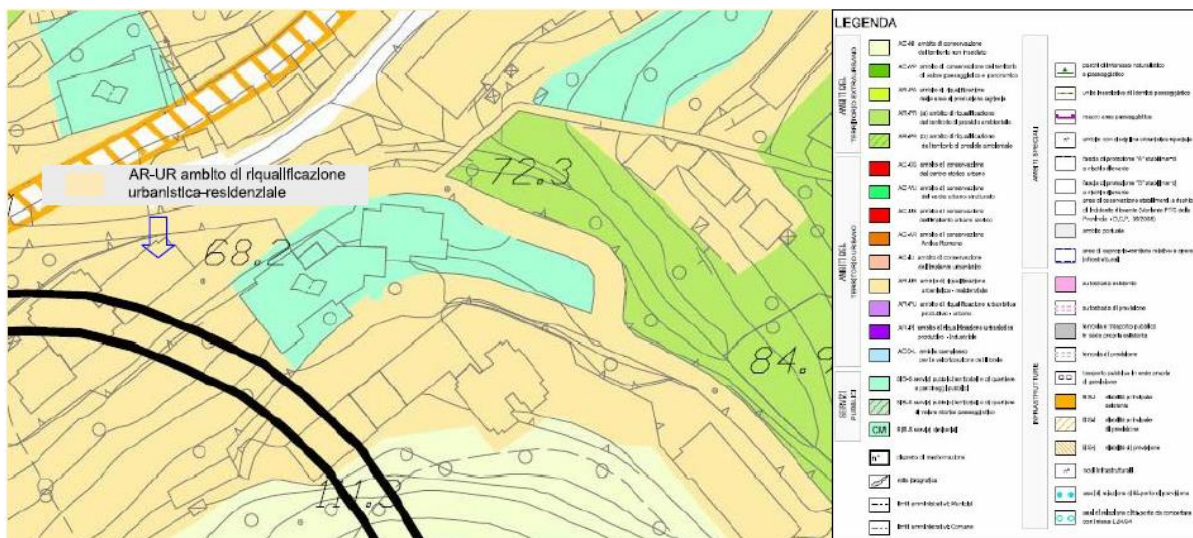
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona AR-UR ambito di riqualificazione urbanistica-residenziale; tale zona è principalmente adibita a servizi di ordine pubblico, di residenza e strutture ricettive. In particolare l'edificio oggetto della DE viene classificato come SIS-S (Servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici).

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove sono ubicate la scuola dell'infanzia “Ginestrato” e la scuola primaria “Fontanarossa” risale all'incirca al 1970. Ai sensi del DPR 412/93 ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. Al suo interno sono presenti anche un locale adibito a palestra e un locale usato come teatro.

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 innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

È rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dagli studenti e dal personale docente.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie attività scolastiche e tutte le attività collegate all’utilizzo della palestra e del teatro. Sul piano copertura terminano i locali tecnici dei gruppi di trasporto.

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

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

Figura 2.2 - Vista satellitare dell’edificio (Fonte: Google maps)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Palestra, atrio, locali tecnici	[m ²]	509,82	362,259	0
Primo	Aule scolastiche, palestra, teatro	[m ²]	949,76	542,819	0
Secondo	Aule scolastiche, refettorio	[m ²]	965,08	855,449	0
Terzo	Aule scolastiche, cucina, refettorio	[m ²]	1.073,48	959,692	0
Quarto	Aule scolastiche, refettorio	[m ²]	627,72	562,041	0
TOTALE		[m²]	4.118,86	3.282,26	0

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

Dal punto di vista storico l’edificio risale agli anni 70 del XX secolo e non risulta un bene culturale, ambientale o paesaggistico soggetto a tutela.

Nell’analisi delle EEM non è quindi necessaria l’identificazione delle possibili interferenze data l’assenza di vincoli.

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento delle pareti esterne	-		-
EEM 2: Isolamento del solaio verso il sottotetto	-		-
EEM 3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche	-		-
EEM 4: Sostituzione del generatore di calore e installazione delle valvole termostatiche	-		-
EEM 5: Installazione nuove plafoniere con lampade led	-		-
EEM 6: Installazione di un impianto fotovoltaico	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

 Non perseguibile

	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

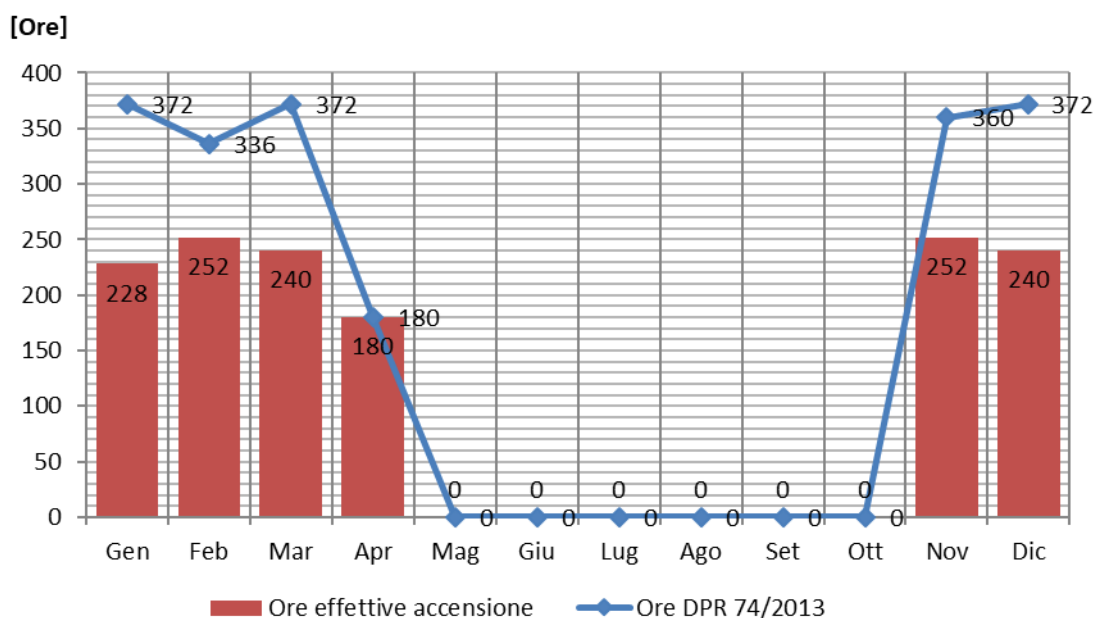
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati indicati dal personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti corrispondono ai giorni di apertura e chiusura dell’edificio.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.15	6.15 – 18.15
Dal 15 Aprile al 1 Novembre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.15	-

Figura 2.3 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’edificio



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura. Generalmente la scuola è aperta dal lunedì al venerdì ma è risultato che durante il periodo invernale gli impianti possono venire accesi anche il sabato o la domenica per aperture straordinarie della scuola.

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 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 974 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_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA	GIORNI RISCALDAMENTO	GG	GIORNI DI UTILIZZO	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI	GG _{risc}	PROFILO DI INCIDENZA
		ESTERNA UNI 10349:2016						
		[°C]	[g/m]		[g/m]	[g/m]		
Gennaio	31	10,4	31	298	19	19	182	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	21	21	200	20%
Marzo	31	11,1	31	276	20	20	178	18%
Aprile	30	15,3	31	71	20	15	73	7%
Maggio	31	18,7	15	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	18	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	20	200	21%
TOTALE	365	16,7	166	1421	245	116	973,6	100%

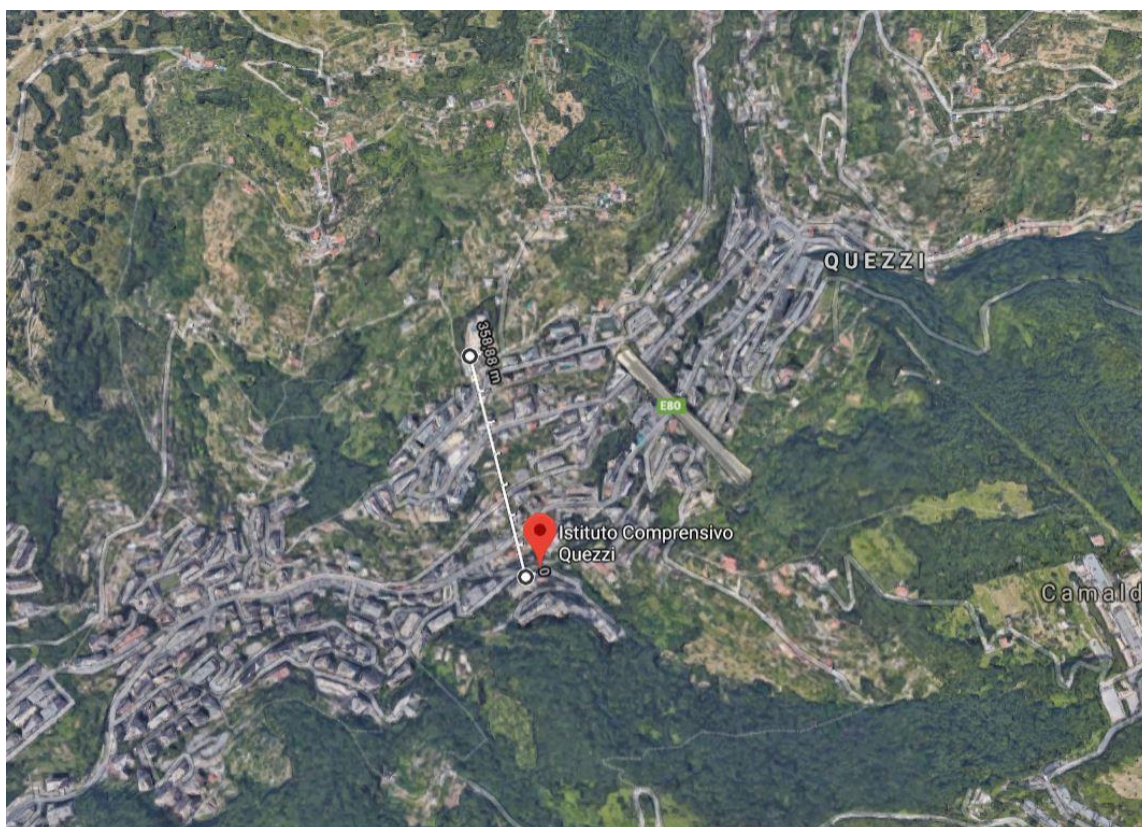
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica più vicina “GENOVA QUEZZI” in via Salita della Costa dei Ratti 6.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all’edificio oggetto della DE, a circa 360 m di distanza in linea d’aria.

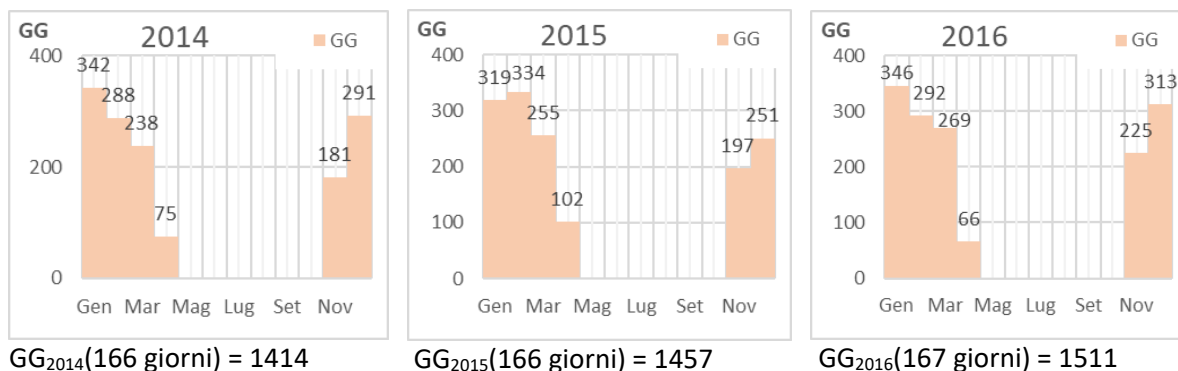
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

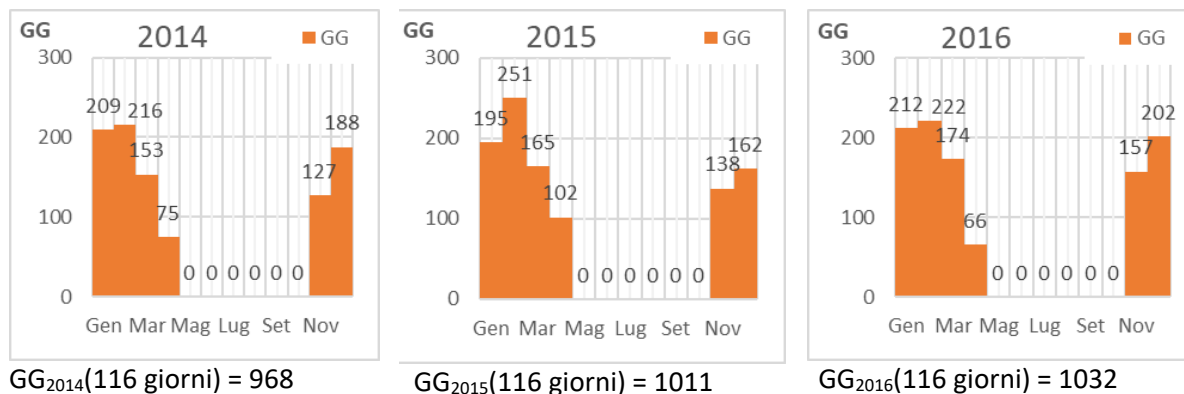
Figura 3.2 - Andamento mensile dei GG reali per il triennio di riferimento



Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1032 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 calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

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

Involucro opaco

L’involucro edilizio opaco che costituisce l’edificio è composto da pannelli prefabbricati in calcestruzzo con uno strato polistirolo interno. La copertura dell’edificio è piana, costituita da blocchi di laterizio più calcestruzzo e materiale impermeabile.

Figura 4.1 - Particolare della facciata principale



Figura 4.2 - Particolare della facciata retrostante

Dal momento che l’edificio non si trova all’interno di una zona di conservazione dell’impianto urbanistico, è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell’involucro visibili dall’esterno in quanto l’edificio non risulta vincolato.



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 ad infrarossi.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L’immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell’involucro dell’edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell’involucro edilizio. Si notino in particolare un infisso e la zona del muro esterno al di sotto della finestra in corrispondenza dei terminali di emissione quali gli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell’edificio.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



L’analisi termografica viene riportata nell’Allegato C – Report di indagine termografica.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/mqK]	
Parete verticale	PE – 25	25	Assente	1,562	Sufficiente
Parete verticale	PE – 35	35	Assente	1,462	Sufficiente
Parete verticale	PE - 45	45	Assente	1,375	Sufficiente
Pavimento controterra	SOL1	30	Assente	1,64	Sufficiente
Solaio del sottotetto	SOL2	30	Assente	1,41	Sufficiente
Copertura piana	COP1	30	Assente	1,422	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.

Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto prevalentemente da serramenti con telaio in metallo senza taglio termico e vetri singoli. Sono presenti anche porte finestre in metallo e vetro singolo.

Lo stato di conservazione degli stessi è buono.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Figura 4.5 - Particolare dei serramenti



Figura 4.6 - Particolare dei serramenti – dettaglio angolo vetro



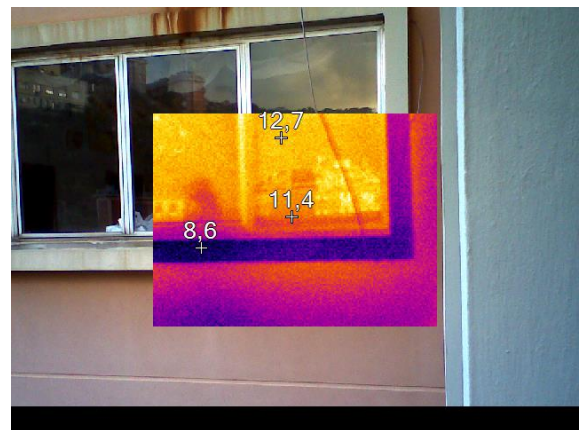
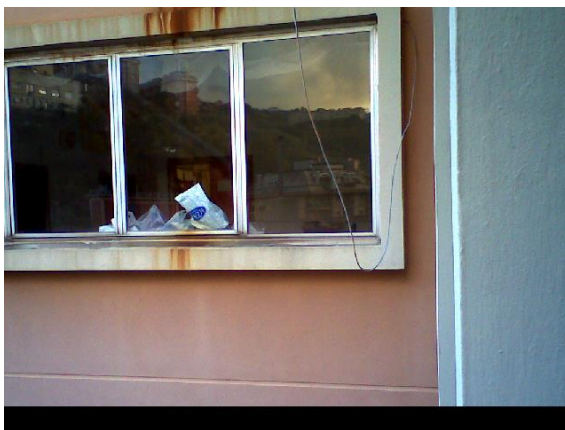
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di termo camera ad infrarossi.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L’immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell’involucro dell’edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell’involucro edilizio. Si notino in particolare gli infissi e zone del muro esterno al di sotto delle finestre in corrispondenza dei terminali di emissione quali gli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell’edificio.

Figura 4.7 – Rilievo termografico dei serramenti



L’analisi termografica viene riportata nell’Allegato C – Report di indagine termografica.

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	185x215	Metallo senza taglio termico	Vetro singolo	5,73	Pessimo
Serramento verticale	F2	155x243	Metallo senza taglio termico	Vetro singolo	5,73	Pessimo
Serramento verticale	F3	120x243	Metallo senza taglio termico	Vetro singolo	5,74	Pessimo
Serramento verticale	F4	400x152	Metallo senza taglio termico	Vetro singolo	5,72	Pessimo
Serramento verticale	F5	282x215	Metallo senza taglio termico	Vetro singolo	5,72	Pessimo
Serramento verticale	F6	200x274	Metallo senza taglio termico	Vetro singolo	5,73	Pessimo

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 un impianto ad acqua, alimentato da una caldaia a basamento.

Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da un’unica tipologia di terminali:

- Radiatori in ghisa e in metallo;

I radiatori in ghisa e in acciaio sono installati in tutte le aule dell’edificio, nei corridoi e nella palestra.

Figura 4.8 - Particolare di un radiatore in ghisa



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
ZT-01 Aule scolastiche	Radiatori in ghisa e acciaio	93%
ZT-02 Cucina P3	Radiatori in ghisa e acciaio	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatori in ghisa	18	1,08 ÷ 4,05	49,16	-	-
Primo	Radiatori in ghisa	21	0,95 ÷ 3,61	45,58	-	-
Secondo	Radiatori in ghisa	26	0,4 ÷ 2,84	43,86	-	-
Terzo	Radiatori in ghisa	37	0,24 ÷ 4,86	66,87	-	-
Quarto	Radiatori in ghisa	22	0,68 ÷ 4,86	54,67	-	-
TOTALE		124	0,24 ÷ 4,86	260,14	-	-

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.

Sottosistema di regolazione

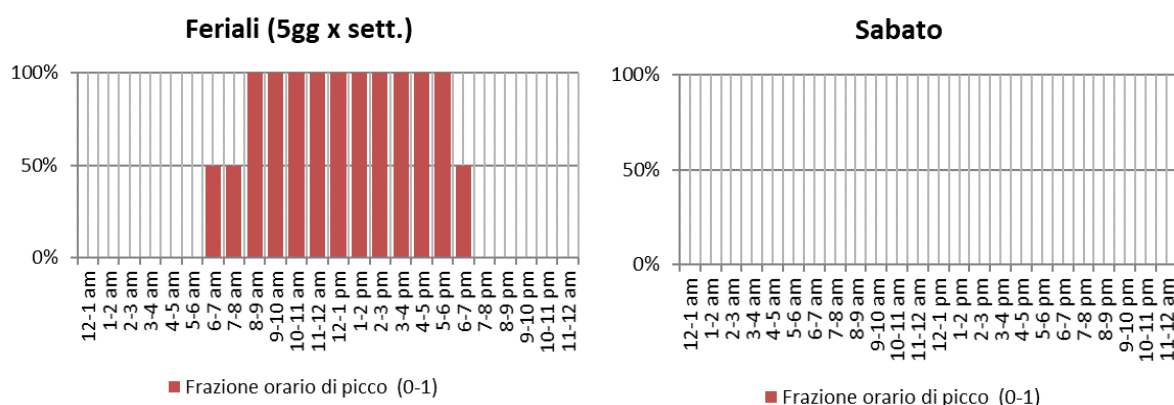
La regolazione del funzionamento delle caldaie in centrale termica avviene mediante telegestione con sonde climatiche esterne ed interne e gli orari di accensione e spegnimento vengono settati in una centralina di controllo. La temperatura di set-point invernale è di 20 °C. Alcuni radiatori sono dotati di valvole on-off, mentre altri sono dotati di valvole termostatiche.

Figura 4.9 - Particolare della centralina di controllo Figura 4.10 – Dispositivi per la telegestione dell’edificio



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti:

Figura 4.11 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per le zone termiche



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO ⁽¹⁾
ZT-01 Aule scolastiche	Climatica	82%
ZT-02 Cucina P3	Climatica	82%

Nota (1): Il rendimento di regolazione viene calcolato nel modello energetico in base al fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti

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.

Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di collegamento tra le caldaia a basamento, gli elementi terminali di emissione dell’impianto di riscaldamento (fluido termovettore acqua) e tra l’accumulatore per l’acqua calda sanitaria e i terminali di emissione;

1) **Circuito primario:** sono presenti due gruppi di pompe di circolazione gemellari per inviare l’acqua calda ai terminali di emissione e al bollitore ad accumulo e una pompa singola per il ricircolo.

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 ⁽¹⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽²⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽³⁾ [kW]
ZT-02	GRUNDFOS	mandata acqua calda all’accumulatore	Non disponibile	Non disponibile	0,12
ZT-01 e ZT-02	GRUNDFOS	mandata acqua calda a radiatori	Non disponibile	Non disponibile	1,50
-	GRUNDFOS	ricircolo	Non disponibile	Non disponibile	0,16
-	GRUNDFOS	Ritorno dell’acqua calda	Non disponibile	Non	0,10

	sanitaria	disponibile	
TOTALE	-	-	1,78

Nota (1): non è stato possibile determinare il dato della portata né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

Nota (2): non è stato possibile determinare il dato della prevalenza né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

Nota (3): valori ricavati da dati di targa

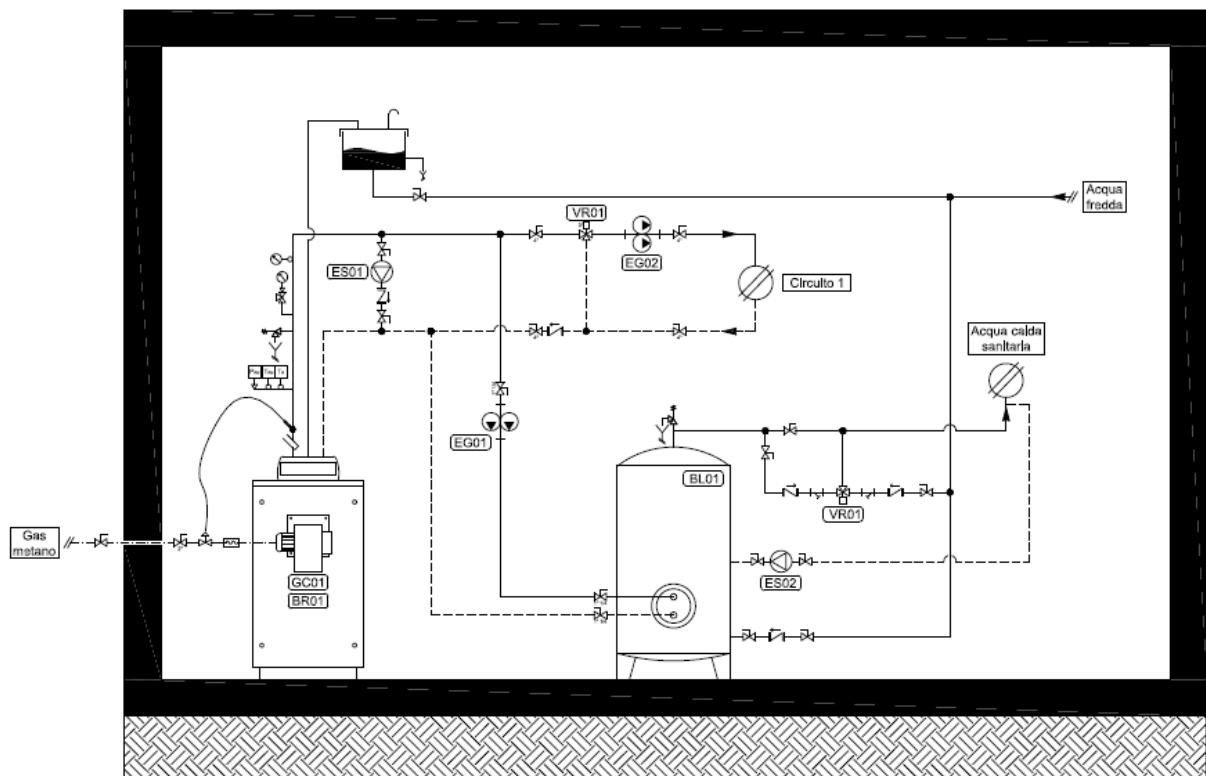
Le temperature del fluido termovettore all’interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽²⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾
			°C	°C
Circuito Primario	Mandata	Caldo	55	70
	Ritorno	Caldo	50	55

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare una leggera differenza tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo. Tale differenza può essere dovuta ad un utilizzo inferiore rispetto ad un funzionamento a massimo carico.

Figura 4.12 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 039-P00-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 99.08%.

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.

Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di una caldaia standard a basamento, marca Thermital modello THE/Q 511. È presente anche un accumulatore, marca SILE modello BIM 230, da 230 litri, installato nella centrale termica.

Figura 4.13 - Particolare delle caldaie



Figura 4.14 - Particolare del bollitore ad accumulo



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾ [kW]	RENDIMENTO ⁽²⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽²⁾ [kW]
Gen	Riscaldamento	Thermital	THE/Q 511	2005	469,1	414,4	89,2%	0,1

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari all'88%.

Non si hanno a disposizione i risultati delle prove fumi, quindi non è possibile confrontare il rendimento indicato con i dati delle prove fumi

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 8 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Figura 4.15 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite 3 bollitori elettrici ad accumulo e tramite la caldaia a basamento installata nella centrale termica; i tre boiler sono installati locali adibiti a servizi igienici del primo, del secondo e del terzo piano della scuola.



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

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

	Sottosistema di Erogazione ⁽¹⁾	Sottosistema di Distribuzione ⁽¹⁾	Sottosistema di Ricircolo ⁽²⁾	Sottosistema di Accumulo ⁽²⁾	Sottosistema di Generazione ⁽¹⁾	Rendimento Globale medio stagionale ⁽¹⁾
Generatore a metano	100%	92,6%	-	-	88%	82%
Boiler elettrici	100%	92,6%	-	-	75%	70%

Nota: Valori ricavati da modello energetico

Nota (2): Dato mancante in quanto non è possibile determinarlo

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

L’edificio non è dotato di un impianto di climatizzazione estiva.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

L’edificio non è dotato di un impianto ventilazione meccanica.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, montavivande, PC, stampanti ed altri dispositivi in uso del personale. Sono state valutate le ore di utilizzo in base ai giorni di occupazione dell’edificio e il numero di ore giornaliere in cui mediamente vengono usate queste utenze.

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 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Cucina	Microonde	2	1.100	2,2	2.646
Cucina	Frigorifero	3	500	1,5	10.633
Aule didattiche	TV/STEREO	5	150	0,75	5.243
Cucina	Scalda pasta elettrici	1	2.000	2,0	2.646
Cucina	Montavivande	1	2.000	2,0	2.524
Aule didattiche	PC+Monitor	26	150	3,9	5.733
Aule didattiche	Lim	1	300	0,3	5.733
Aule didattiche	Ascensore	1	3.000	3,0	3.136
Uffici insegnanti	FAX/stampanti	5	1.000	5,0	5.733
Locale di servizio	Lavatrice	1	2.000	2,0	2.769
Uffici insegnanti	CED	1	1.000	1,0	2.646
Corridoi	Macchinette snack	3	1100	3,3	10.633

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito principalmente da lampade fluorescenti. Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a tubi fluorescenti installate a soffitto nella maggior parte dei locali;
- Lampade fluorescenti installate nei servizi igienici;

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule scolastiche



Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in palestra



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[kW]
Piano terra	1x36 Tubi fluorescenti	5	36	0,18
Piano terra	2x36 Tubi fluorescenti	6	72	0,432
Piano terra	1x18 Tubi fluorescenti	6	18	0,108
Piano primo	1x36 Tubi fluorescenti	28	36	1,008
Piano primo	2x36 Tubi fluorescenti	28	72	2,016
Piano primo	1x18 Tubi fluorescenti	5	18	0,09
Piano secondo	2x36 Tubi fluorescenti	59	72	4,248
Piano secondo	1x18 Tubi fluorescenti	21	18	0,378
Piano terzo	1x18 Tubi fluorescenti	22	18	0,396
Piano terzo	2x36 Tubi fluorescenti	75	72	5,4
Piano terzo	1x36 Tubi fluorescenti	1	36	0,036
Piano terzo	2x58 Tubi fluorescenti	1	116	0,116
Piano quarto	1x18 Tubi fluorescenti	14	18	0,252
Piano quarto	2x36 Tubi fluorescenti	37	72	2,664
Piano quarto	1x36 Tubi fluorescenti	4	36	0,144

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.

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

L’edificio non è dotato di un impianto a fonte rinnovabile o di tipo cogenerativo per la produzione di energia elettrica e/o termica.

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;
- Gasolio;
- Energia elettrica;

Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano a partire da Novembre 2014; durante il periodo estivo del 2014 è avvenuto un processo di metanizzazione che ha permesso all’edificio di passare dall’utilizzo del gasolio, avvenuto fino ad Aprile 2014, a quello di 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 [kg/Sm ³]	PCI [kWh/Nm ³]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm ³ /Nm ³]	PCI [kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 (*)	0,85	n/a	n/a	10,09

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore il quali risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

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

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 Gas metano si basa sulla base de m³ di gas metano e di gasolio forniti 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

Combustibile: Gas metano

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270050352948	Riscaldamento e ACS	10.738	15.909	13.022	101.150	149.867	122.667

Combustibile: Gasolio

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[litri]	[litri]	[litri]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270050352948	Riscaldamento e ACS	19.678	-	-	19.8541	-	-

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione termici si è provveduto alla valutazione dei consumi mensili fatturati nel triennio di riferimento, ma il PDR 3270050352948 è gestito tramite contratto SI3, quindi non si hanno a disposizione le fatture. I consumi mensili legati al riscaldamento sono stati ricostruiti parametrizzando i consumi annuali forniti dalla società di distribuzione sulla base dei GG nei giorni di utilizzo per ogni mese nel periodo di riscaldamento. Per il 2015 e 2016 i consumi legati alla produzione di acqua calda sanitaria, che incidono in misura pari al 1,56% sul totale, sono stati ricostruiti sulla base dei giorni di utilizzo dell’edificio.

I consumi mensili 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 fatturati dalla società di fornitura

PDR: 3270050352948	2014 ⁽¹⁾	2015 ⁽¹⁾	2016 ⁽¹⁾	2014	2015	2016
	[litri] fino ad Aprile [Sm ³] da Novembre	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	6.306	3.240	2.465	63.232	30.517	23.222
Febbraio	6.495	3.388	3.155	64.958	31.917	29.725
Marzo	4.622	2.658	2.089	54.298	25.038	19.681
Aprile	2.255	1.019	1.307	16.053	9.603	12.309
Maggio		27	51	-	251	485
Giugno		24	47	-	228	441
Luglio		-	-	-	-	-
Agosto		-	-	-	-	-
Settembre		27	51	-	251	485
Ottobre		25	49	-	240	463
Novembre	4.322	2.414	1.756	40.710	22.737	16.539
Dicembre	6.416	3.088	2.051	60.440	29.085	19.319
Totale	30.416	15.909	13.022	299.691	149.867	122.667

Dall’analisi effettuata è emerso che i consumi annui hanno subito un calo dal 2015 al 2016 del 18% nonostante un aumento dei gradi giorni invernali in questi due anni; tale calo potrebbe essere giustificato da un minor utilizzo dell’edificio nel periodo invernale.

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 $\bar{\alpha}_{rif}$ come di seguito riportato:

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria e il contributo per uso mensa, valutati in misura pari al 1,6% rispetto al consumo complessivo sulla base del modello teorico di calcolo.

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

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

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

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

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

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 solo relativi al biennio 2015-2016 in quanto il 2014 è inutilizzabile per il processo di metanizzazione avvenuto durante l’anno.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REALI} SU 116 GIORNI	GG ^{RIF} SU 116 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 974 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2015	1.032	974	15.660	147.517	142,9	139.132	2.350	-
2016	1.011	974	12.818	120.743	119,4	116.248	1.924	-
Media	1.022	974	14.239	134.130	131,15	127.690	2.137,16	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è caratterizzato da una diminuzione dei consumi nonostante una continua diminuzione delle temperature esterne medie mensili. Come già accennato tale calo potrebbe essere giustificato da un minor utilizzo dell’edificio nel periodo invernale.

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}	2.137
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	127.690
$Q_{baseline}$	129.827

Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio dell’intero edificio.

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

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

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

Tali consumi 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]
IT001E00097166	Scuola dell’infanzia “Ginestrato” e Scuola primaria “Fontanarossa”	43.916	44.209	44.465	44.197
TOTALE		43.916	44.209	44.465	44.197

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA e sono emerse le seguenti differenze: per il 2014 il consumo fornito dalla PA è uguale al dato elaborato tramite l’analisi della fatturazione. Nel 2015 sono stati elaborati tramite l’analisi della fatturazione 965 kWh in meno del dato fornito dalla PA. Infine, per il 2016, la PA ha indicato un consumo di 3.869 kWh superiore del dato elaborato.

L’individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali, fatturati dalla società di fornitura, per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 44.197 kWh.

I consumi mensili fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.7.

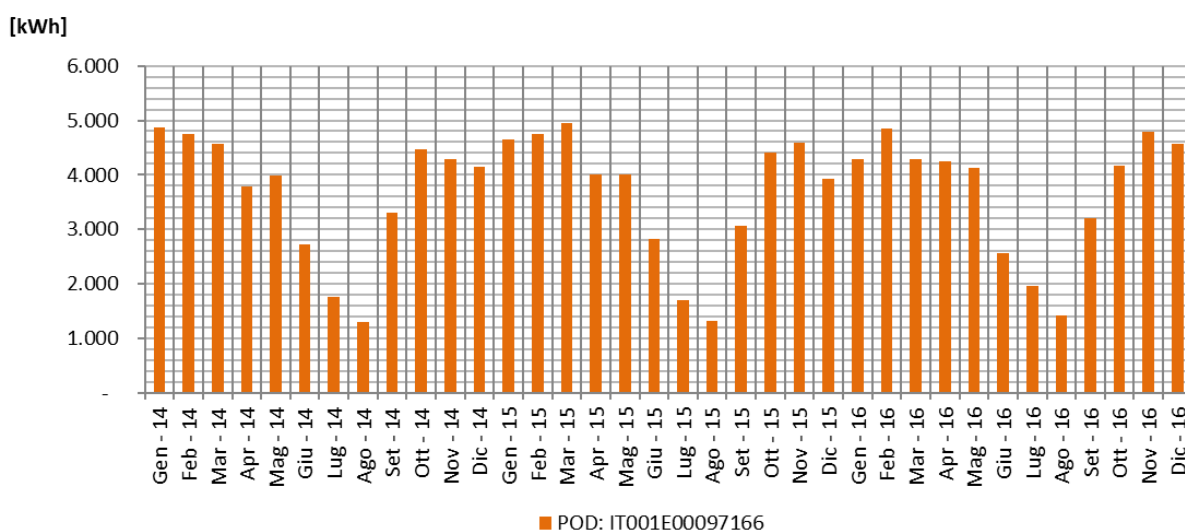
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097166	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.826	423	612	4.861
Febbraio	3.891	428	424	4.743
Marzo	3.713	404	461	4.578
Aprile	2.987	368	426	3.781
Maggio	2.892	468	618	3.978

POD: IT001E00097166	F1	F2	F3	TOTALE
Giugno	1.991	313	420	2.724
Luglio	1.142	258	356	1.756
Agosto	647	240	408	1.295
Settembre	2.514	359	430	3.303
Ottobre	3.621	402	448	4.471
Novembre	3.346	396	544	4.286
Dicembre	3.273	383	484	4.140
Totale	33.843	4.442	5.631	43.916
POD: IT001E00097166	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.704	437	514	4.655
Febbraio	3.941	432	381	4.754
Marzo	4.074	417	453	4.944
Aprile	3.267	350	383	4.000
Maggio	2.960	447	601	4.008
Giugno	2.113	321	386	2.820
Luglio	1.026	300	377	1.703
Agosto	708	228	391	1.327
Settembre	2.447	288	320	3.055
Ottobre	3.779	326	312	4.417
Novembre	3.810	351	430	4.591
Dicembre	3.142	316	477	3.935
Totale	34.971	4.213	5.025	44.209
POD: IT001E00097166	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.366	399	531	4.296
Febbraio	4.064	388	402	4.854
Marzo	3.489	366	434	4.289
Aprile	3.171	437	638	4.246
Maggio	3.423	359	342	4.124
Giugno	1.957	272	329	2.558
Luglio	1.244	289	418	1.951
Agosto	699	270	459	1.428
Settembre	2.485	323	401	3.209
Ottobre	3.376	384	403	4.163
Novembre	3.953	412	419	4.784
Dicembre	3.123	561	879	4.563
Totale	34.350	4.460	5.655	44.465

Si riporta nella Figura 5.1 il profilo elettrico reale relativo al triennio di riferimento.

Figura 5.1 – Profilo elettrico reale relativo al triennio di riferimento



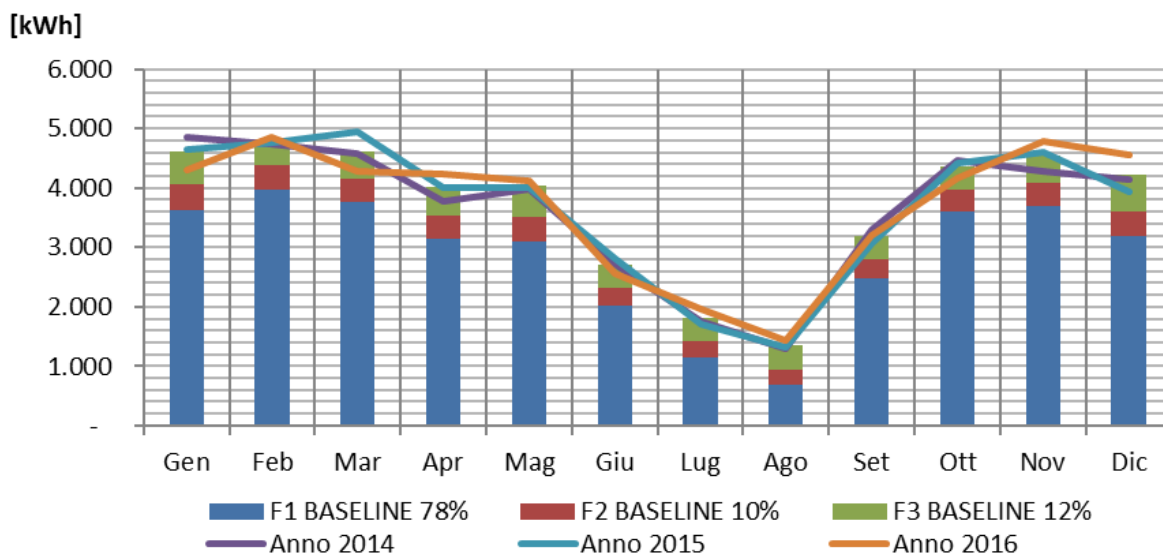
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.632	420	552	4.604
Febbraio	3.965	416	402	4.784
Marzo	3.759	396	449	4.604
Aprile	3.142	385	482	4.009
Maggio	3.092	425	520	4.037
Giugno	2.020	302	378	2.701
Luglio	1.137	282	384	1.803
Agosto	685	246	419	1.350
Settembre	2.482	323	384	3.189
Ottobre	3.592	371	388	4.350
Novembre	3.703	386	464	4.554
Dicembre	3.179	420	613	4.213
Totale	34.388	4.372	5.437	44.197

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

Figura 5.2 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



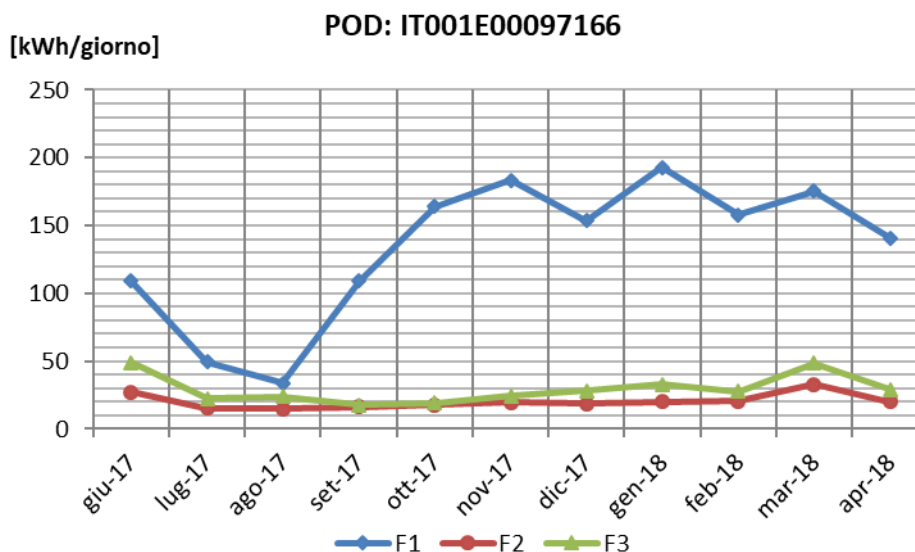
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti sinusoidali, per il maggior utilizzo da Settembre a Maggio compresi rispetto ai mesi estivi, con il massimo valore di picco di utilizzo a Febbraio. Nel mese di Agosto è stato rilevato un consumo visto l’utilizzo dell’edificio per attività estive.

È stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri medi dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell’energia elettrica, la quale rende disponibili le letture dei prelievi di energia elettrica nell’ultimo giorno del mese suddivise per fascia.

Si è pertanto analizzato il profilo giornaliero medio di ogni mese sulla base dei giorni di utilizzo, ad eccezione del mese di Maggio perché al momento di realizzazione della diagnosi sono risultate disponibili le letture dal 31 Maggio 2017 al 30 Aprile 2018.

L’andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.3.

Figura 5.3 – Profilo giornaliero medio dei consumi elettrici per il POD IT001E00097166



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento molto variabile dei consumi soprattutto per la fascia F1 con una diminuzione netta dei consumi giornalieri verso l'estate e picchi di utilizzo nel mese di Novembre, Gennaio e Marzo; mentre i consumi in fascia F2 e F3 hanno un leggero aumento nei mesi invernali

Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche di utilizzo dell'edificio e delle utenze rilevate in sede di sopralluogo.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

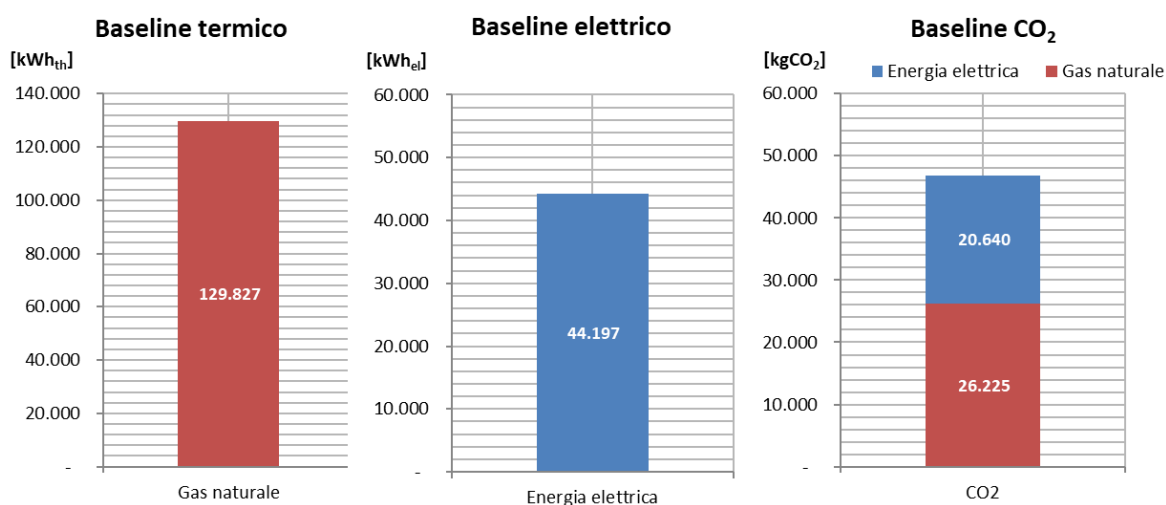
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE tCO ₂ /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE [kWh]	FATTORE DI CONVERSIONE [tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	44.197	* 0,467	20,64
Gas naturale	129.827	* 0,202	26,23

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline delle emissioni di CO₂.

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 _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42
Gas naturale	1,05	0	1,05

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.282,26	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.506,99	m ²
FATTORE 3	Volume lordo riscaldato	13.578,42	m ³

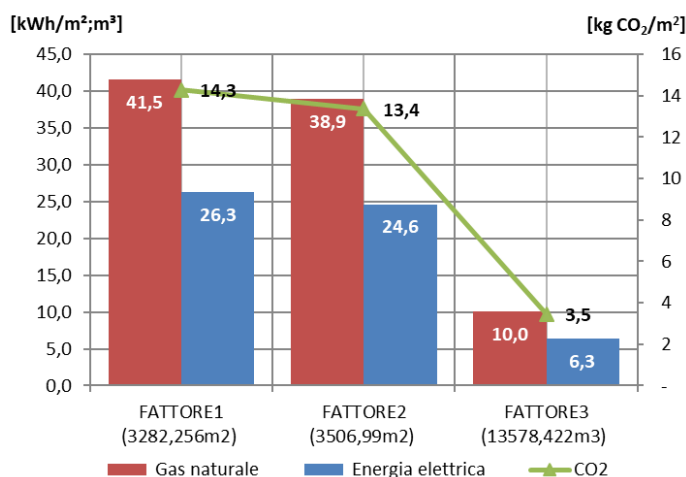
Nella Tabella 5.13 e nella tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

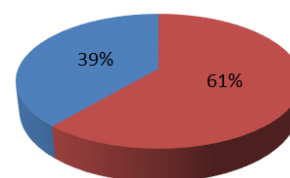
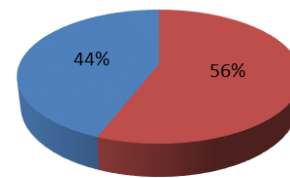
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	44.197	2,42	106.956	32,59	30,50	7,88	6,29	5,89	1,52
Gas naturale	129.827	1,05	136.319	41,53	38,87	10,04	7,99	7,48	1,93
TOTALE	174.024		243.274	74,12	69,37	17,92	14,28	13,36	3,45

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 ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	44.197	1,95	86.184	26,26	24,57	6,35	6,29	5,89	1,52
Gas naturale	129.827	1,05	136.319	41,53	38,87	10,04	7,99	7,48	1,93
TOTALE	174.024		222.502	67,79	63,45	16,39	14,28	13,36	3,45

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo_annuo_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

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

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

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

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo_energia_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	-	9,47	7,91	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	11,27	11,35	11,41

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA – FIRE.

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

Wh / m³ x GG x anno

	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Secondarie Sup.	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

kWh_e / m² x anno

	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 11,0	da 11,0 a 16,5	maggiore di 16,5
Elementari, Medie, Secondarie Sup. tranne Ist.Tecn.Ind. e Ist.Prof.Ind.	minore di 9,0	da 9,0 a 12,0	maggiore di 12,0
Ist.Tecn. Ind., Ist. Prof. Ind.	minore di 12,5	da 12,5 a 15,5	maggiore di 15,5

L’analisi del confronto con le linee guida ENEA – FIRE è riportato nell’Allegato M – Report di Benchmark.

Dal confronto con le linee guida ENEA - FIRE si deduce che la classe di merito dei consumi specifici per il riscaldamento è “buono” in tutto il triennio, registrando un massimo nel 2015. Per quanto riguarda il consumo specifico per l’energia elettrica è “sufficiente” in tutto il triennio.

Da questa analisi emerge che i consumi di metano sono già sufficientemente bassi con un trend che certifica la diminuzione progressiva del parametro IEN_R, mentre sono aumentati sensibilmente i consumi elettrici.

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		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	203,1	194,2
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	160,8	160,0
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	5,9	4,9
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	33,9	27,3
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	2,5	2,0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	39,16	39,16

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	490.612	515.143
Energia Elettrica	61.880	120.666

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

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

Dove:

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

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

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

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

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 le informazioni avute a disposizione sull’utilizzo dell’edificio e sui sistemi di produzione dell’energia termica ed elettrica presenti al suo interno e i dati rilevati durante il sopralluogo.

Nella Tabella 6.6 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza”.

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	68,9	63,7
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	44,3	43,7
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	4,6	3,8
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	17,6	14,2

Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	2,5	2,0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	14,3	14,3

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	13.920	134.785
Energia Elettrica	-	44.926

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico termico (valutazione adattata all’utenza)

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
134.785	129.827	3,68%

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

Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
44.926	44.197	1,62%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

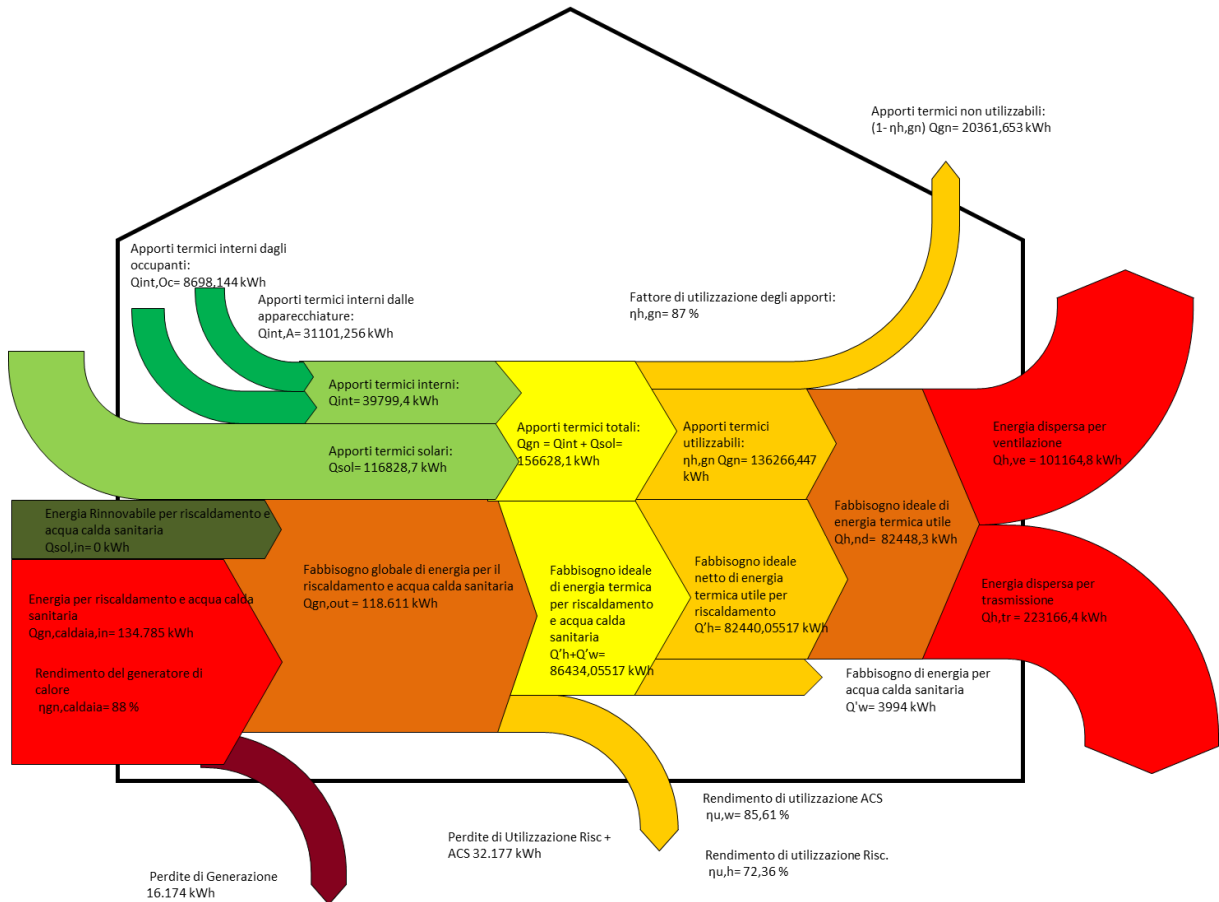
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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/(m² 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

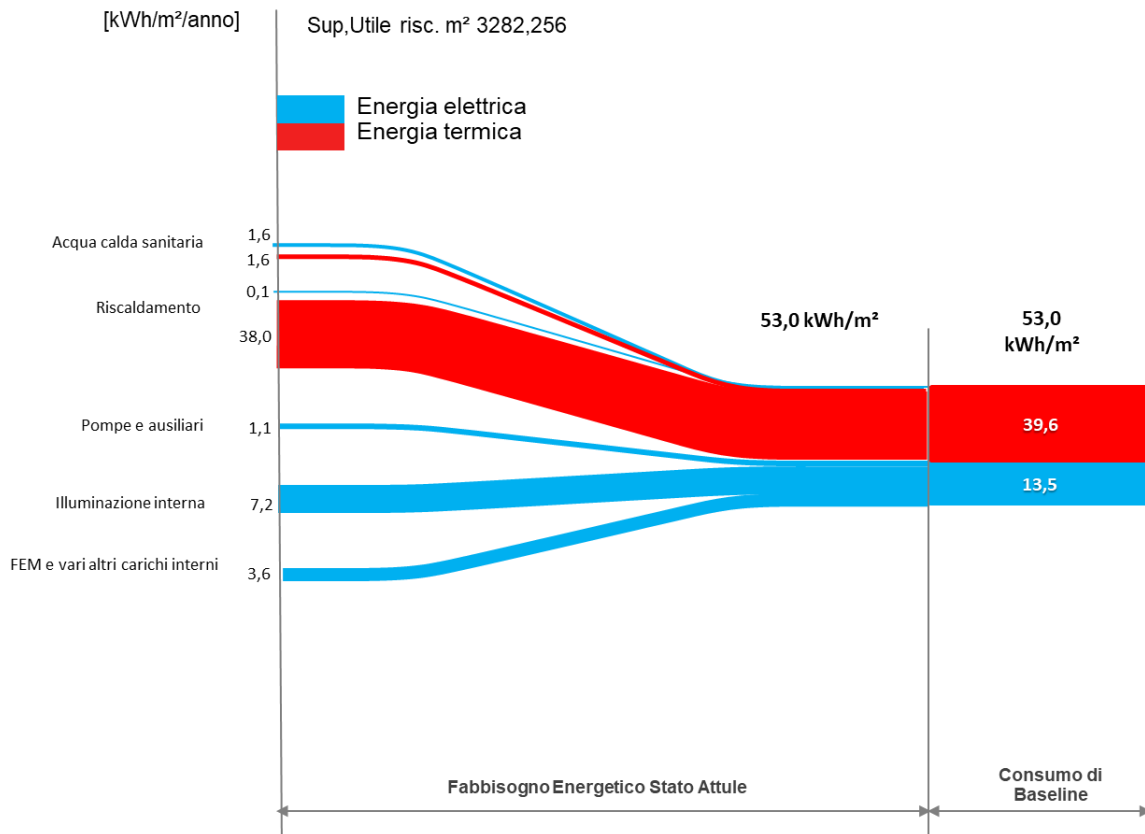
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



L’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio riguarda il riscaldamento e la produzione di acs ed. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è $87,0\%$ mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento e di acs sono rispettivamente $72,4\%$ e $85,6\%$. Inoltre è possibile notare che l’edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio



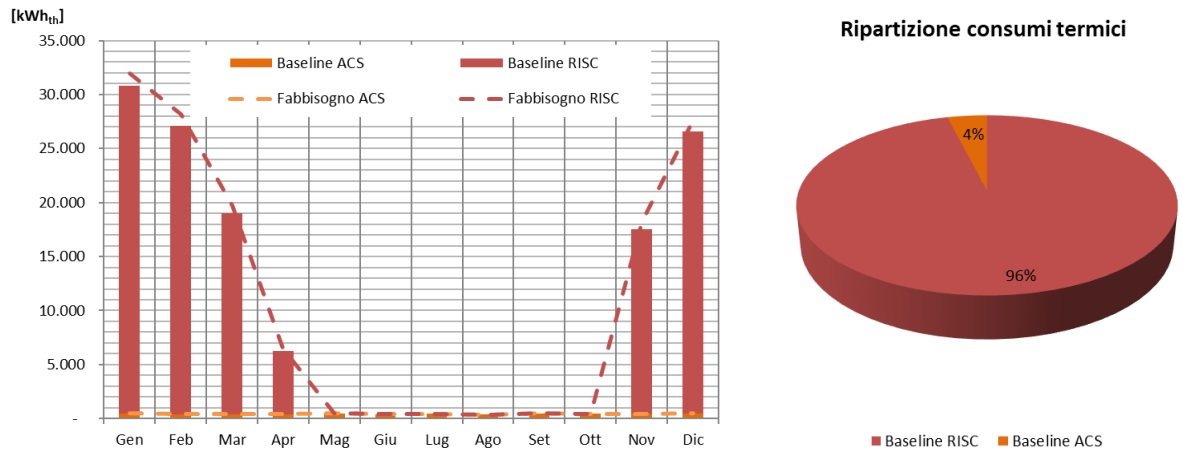
I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

6.3 MENSILI

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

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

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



Si può notare che i consumi termici siano da attribuirsi prevalentemente per il riscaldamento dei locali.

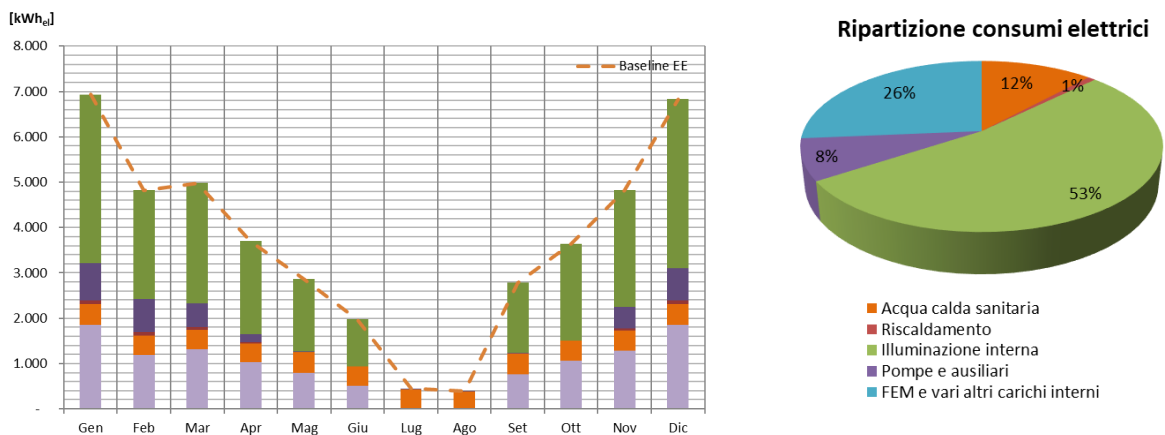
Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andranno a migliorare anche i componenti per la climatizzazione invernale dell’edificio.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’utilizzo per l’illuminazione dei locali (53%) e alle utenze elettriche installate all’interno dell’edificio (26%).

Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andrà a migliorare l’impianto di illuminazione o a ridurre i consumi elettrici installando un impianto fotovoltaico.

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.

Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270050352948: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un’analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA; Per la fornitura di gas metano gestita tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall’Autorità per l’energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l’andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento.

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

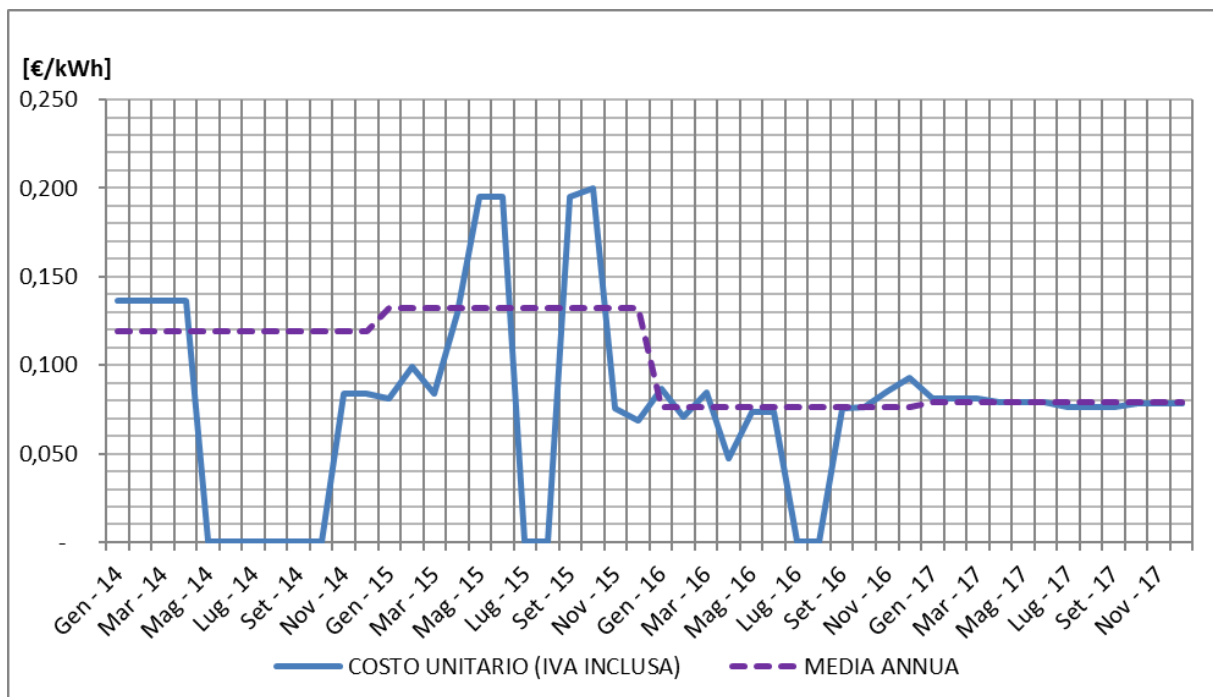
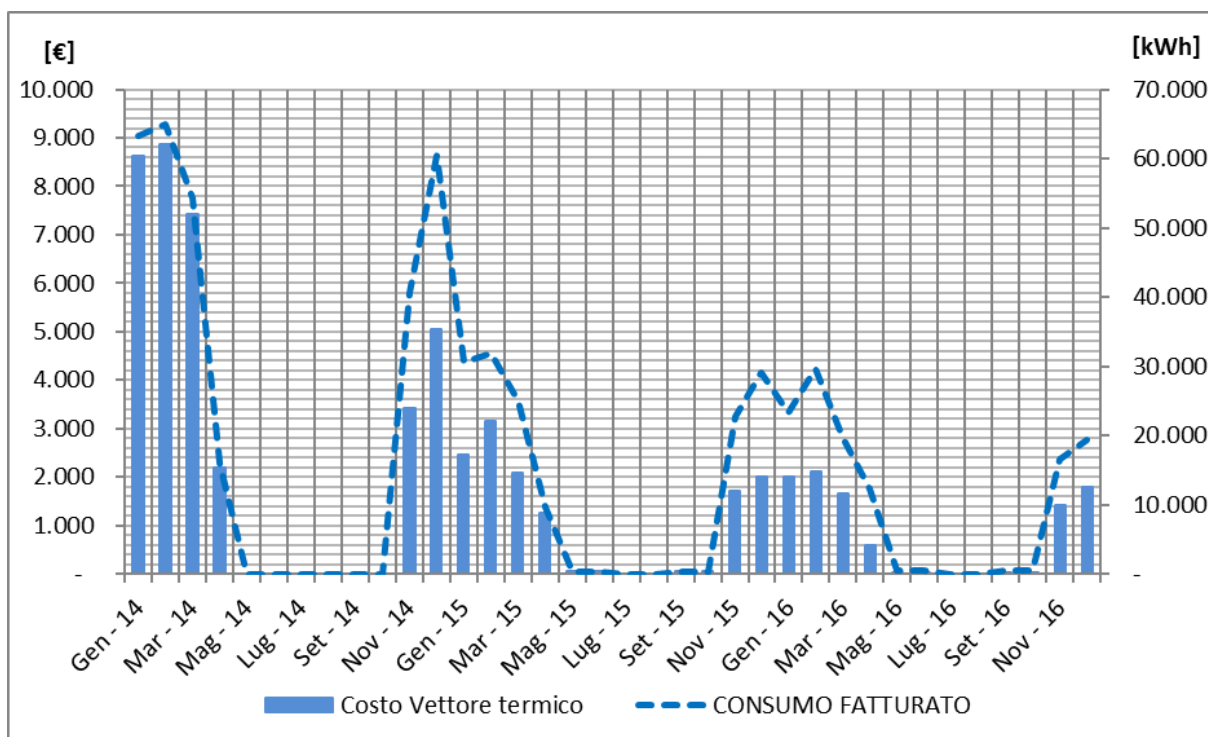


Figura 7.2

– Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente l’andamento dei costi sinusoidale con valori praticamente nulli durante il periodo di non funzionamento del riscaldamento; Il costo unitario risulta più alto nei primi mesi del 2014 rispetto agli anni successivi per l’utilizzo del gasolio invece del gas naturale.

Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00097166: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00097166	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Via Ginestrato 11, 16144 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura: fino a Marzo 2015 (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016 (3)	Edison Energia spa	(1): Edison Energia spa (2): Gala spa	(2): Gala spa (3): Iren Mercato spa
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	(1): 01/10/2013 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	(1): 31/03/2015 (2): 31/03/2016	(2): 31/03/2016
Potenza elettrica impegnata	39 kW	30 kW	26 kW
Potenza elettrica disponibile	39 kW	39 kW	39 kW

Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	(1): Forniture in BT (escluso IP) (2): CONSIP EE12 – Lotto 2	(2): CONSIP EE12 – Lotto 2 (3): CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Prezzi del forniture dell'energia elettrica (IVA INCLUSA) ⁽²⁾	0,078	(1): 0,078 (2): 0,039	(2): 0,031 (3): 0,048

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

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

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

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00097166	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIZVI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	168	27	185	23	40	442	4.861	0,091
Feb – 14	379	61	478	59	98	1.076	4.743	0,227
Mar – 14	365	59	463	57	94	1.039	4.578	0,227
Apr – 14	300	66	407	47	82	903	3.781	0,239
Mag – 14	310	67	425	50	85	937	3.978	0,236
Giu – 14	212	47	303	34	60	656	2.724	0,241
Lug – 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	460	1.756	0,262
Ago – 14	96	21	202	16	33	367	1.295	0,284
Set – 14	258	53	373	41	72	797	3.303	0,241
Ott – 14	351	66	480	56	95	1.048	4.471	0,234
Nov – 14	330	63	460	54	91	997	4.286	0,233
Dic – 14	313	61	450	52	88	963	4.140	0,233
Totale	3.082	590	4.226	489	839	9.686	43.916	0,221
POD: IT001E00097166	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIZVI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	340	61	476	58	94	1.029	4.655	0,221
Feb – 15	335	64	486	59	94	1.038	4.754	0,218
Mar – 15	334	65	501	62	96	1.059	4.944	0,214
Apr – 15	178	50	416	50	69	762	4.000	0,191
Mag – 15	173	50	427	50	70	770	4.008	0,192
Giu – 15	116	35	333	35	52	572	2.820	0,203
Lug – 15	68	19	238	21	35	381	1.703	0,223
Ago – 15	53	15	238	21	33	359	1.327	0,271
Set – 15	107	33	346	38	52	577	3.055	0,189
Ott – 15	210	36	487	55	79	867	4.417	0,196
Nov – 15	150	38	507	57	75	827	4.591	0,180
Dic – 15	133	35	446	49	66	730	3.935	0,185
Totale	2.196	500	4.902	557	815	8.970	44.209	0,203
POD: IT001E00097166	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIZVI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	137	49	431	47	66	731	4.296	0,170
Feb – 16	140	55	471	47	71	785	4.854	0,162
Mar – 16	116	49	431	47	64	707	4.289	0,165

POD: IT001E00097166	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERVIZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Apr - 16	155	70	415	53	69	762	4.246	0,179
Mag - 16	167	68	408	52	69	764	4.124	0,185
Giu - 16	113	42	275	32	46	508	2.558	0,199
Lug - 16	100	42	195	24	36	398	1.951	0,204
Ago - 16	60	31	145	18	25	280	1.428	0,196
Set - 16	157	70	326	40	59	652	3.209	0,203
Ott - 16	275	67	415	52	81	891	4.163	0,214
Nov - 16	359	76	471	60	97	1.063	4.784	0,222
Dic - 16	315	72	450	57	89	983	4.563	0,215
Totale	2.094	690	4.435	530	775	8.524	44.465	0,192

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

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

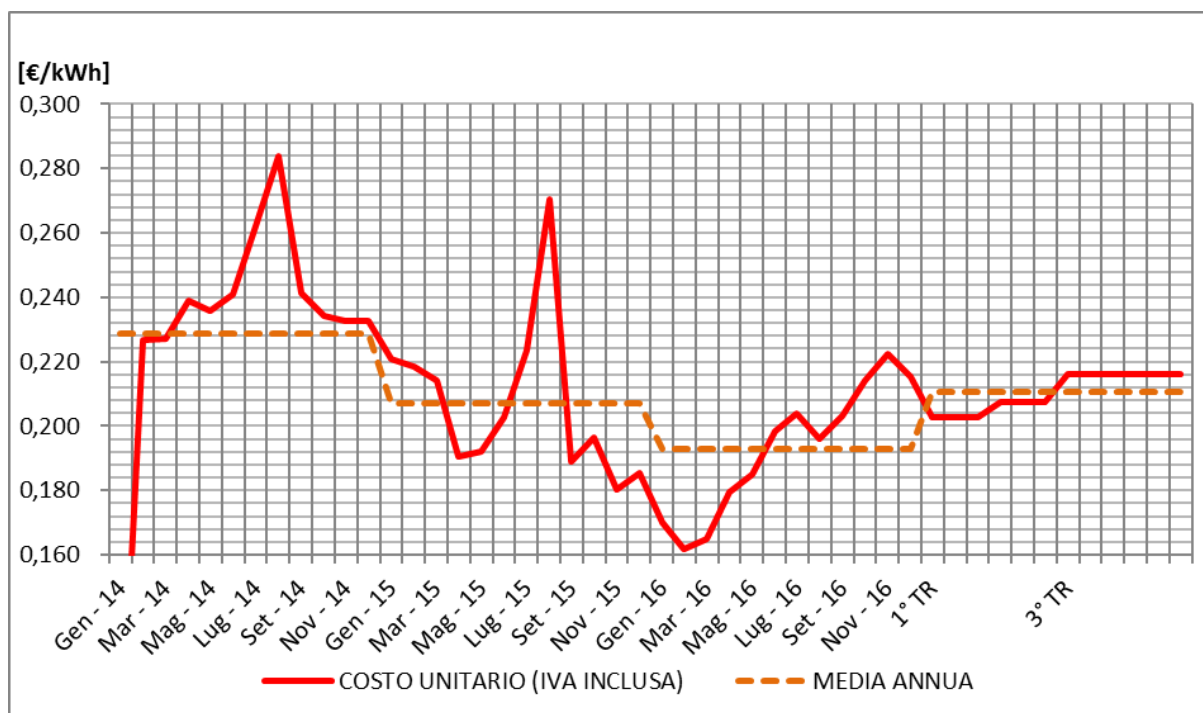
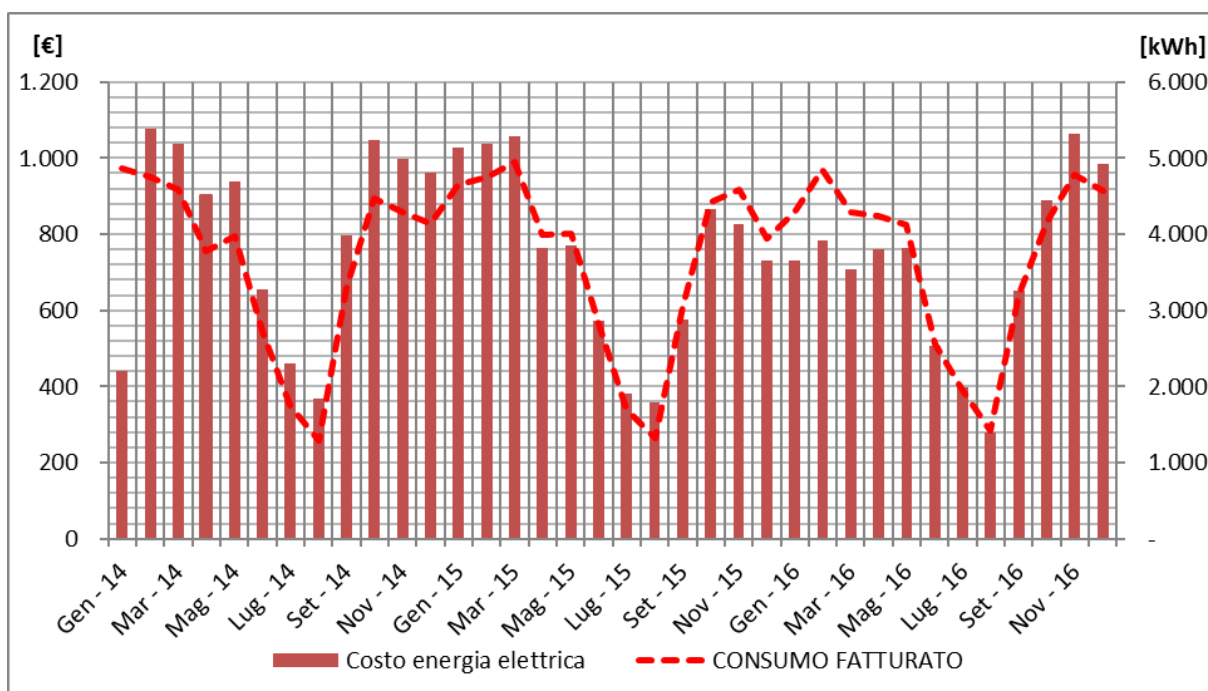


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente l’andamento dei costi sinusoidale con valori più bassi durante il periodo estivo; anche il costo unitario presenta un andamento sinusoidale con picchi nei mesi estivi del 2014 e del 2016 per la forte incidenza dei costi fissi rispetto al consumo.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

La valutazione dei costi consente l’individuazione delle tariffe utili – intesi come costi unitari o complessivi al netto della sola IVA – per la realizzazione dell’analisi costi-benefici.

Nella Tabella 7.3 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.3 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	43.916	9.686,48	0,22	18.147,88
2015	149.867	12.891,36	0,086	44.209	8.970,16	0,20	21.861,52
2016	122.667	9.718,67	0,079	44.465	8.524,20	0,19	18.242,87
Media	136.267	11.305,02	0,083	44.197	9.060,28	0,21	20.365,30⁽¹⁾

Nota (1) Nella spesa totale media del triennio è esclusa la spesa relativa al vettore termico del 2014 per il processo di metanizzazione avvenuto durante l’anno.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.4.

Tabella 7.4 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione	Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _Q 0,202 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _{EE} 0,467 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-039: servizio SIE3

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 15.893	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 4.225	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

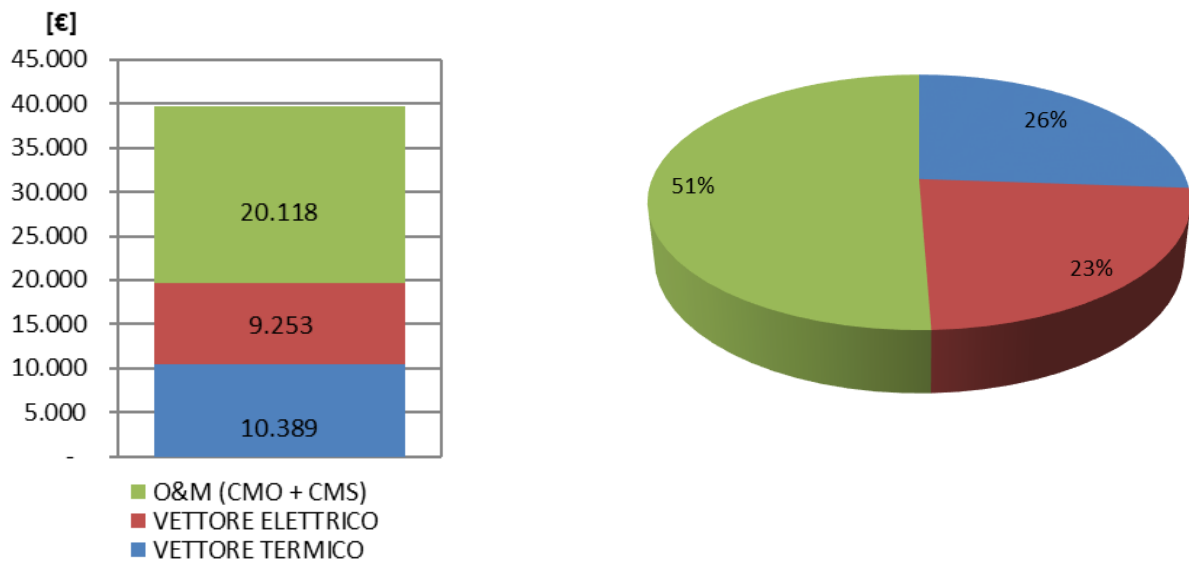
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 19.642 € e un $C_{baseline}$ pari a 39.760 €

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	CQ+C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
129.827	0,080	10.389	44.197	0,209	9.253	20.118	15.893	4.225	39.760

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

Generalità

La misura prevede l’isolamento delle pareti esterne. Siccome tale intervento non è condizionato dal valore storico-artistico dell’edificio, si propone di applicare questa misura dall’esterno.

L’applicazione di un “cappotto” alle pareti esterne, porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.1 - Particolare di una parete esterna



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull’involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l’involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali è pari a 0,26 W/m²K. Attualmente le pareti, di spessore variabile compreso tra 30 cm e 65 cm, hanno un valore di trasmittanza medio stimato a ca. 1,42 W/m²K. L'intervento prevede l'applicazione di pannelli di lana di roccia (EPS, λ=0,037 W/mK). Lo spessore scelto consente a tutte le murature di ottenere un valore di trasmittanza minore di 0,26 W/m²K, rispettando il limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM1 sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

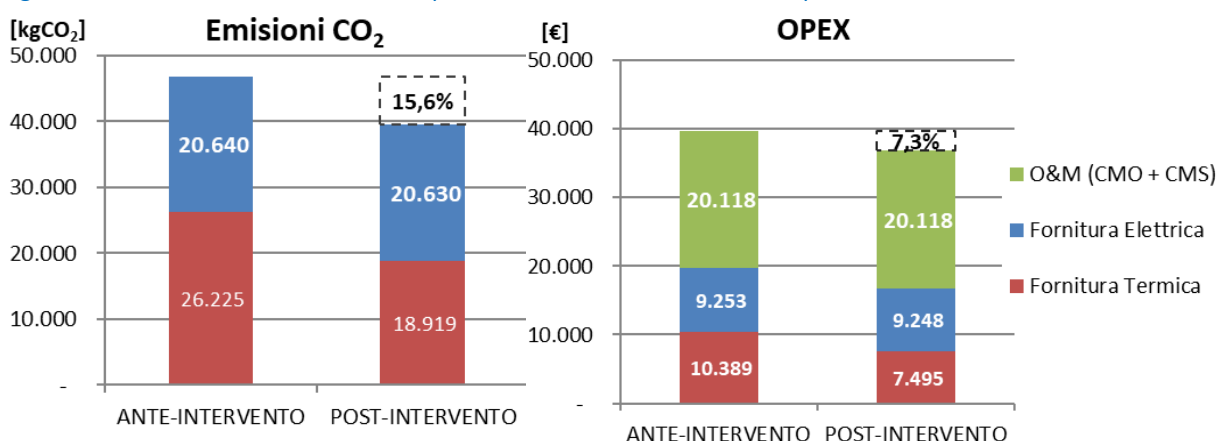
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media pareti	W/m ² K	1,42	0,26	81,7%
Q _{teorico}	kWh	134.785	97.233	27,9%
EE _{teorico}	kWh	44.926	44.926	0,00%
Q _{baseline}	kWh	129.827	93.656	27,9%
EE _{Baseline}	kWh	44.197	44.175	0,0%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	26.225	18.919	27,9%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	20.640	20.630	0,0%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	46.865	39.548	15,6%
Fornitura Termica, C _Q	€	10.389	7.495	27,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	9.253	9.248	0,0%
Fornitura Energia, C_E	€	19.642	16.743	14,8%
C _{MO}	€	15.893	15.893	0,0%
C _{MS}	€	4.225	4.225	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	20.118	20.118	0,0%
OPEX	€	39.760	36.861	7,3%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.2 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM2: Isolamento della copertura e del solaio del sottotetto

Generalità

La misura prevede l’isolamento della copertura piana del terzo piano del solaio verso il sottotetto dell’ultimo piano. Limitazioni a tale intervento potrebbero essere l’interruzione dell’attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

L’isolamento della copertura e del solaio verso il sottotetto porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.3 - Particolare della copertura del terzo piano



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali (coperture) è pari a 0,22 W/m²K. Attualmente le strutture orizzontali disperdenti sono costituite da solai in laterocemento tradizionali di circa 30 cm di spessore, con un valore di trasmittanza stimato a ca. 1,41 W/m²K. L'intervento prevede l'applicazione di pannelli di lana di roccia ($\lambda=0,037$ W/mK) per l'isolamento della copertura piana e di pannelli in polistirene espanso sintetizzato (EPS, $\lambda=0,034$ W/mK) per il solaio verso il sottotetto. Gli spessori scelti di materiale isolante consentono alle strutture in esame di raggiungere un valore di trasmittanza inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella tabella 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento della copertura e del solaio del sottotetto

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura	W/m ² K	1,41	0,22	84,4%
Q _{teorico}	kWh	134.785	122.587	9,1%
EE _{teorico}	kWh	44.926	44.926	0,0%
Q _{baseline}	kWh	129.827	118.077	9,1%
EE _{Baseline}	kWh	44.197	44.193	0,0%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	26.225	23.852	9,1%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	20.640	20.638	0,0%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	46.865	44.490	5,1%
Fornitura Termica, C _Q	€	10.389	9.449	9,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	9.253	9.252	0,0%
Fornitura Energia, C_E	€	19.642	18.701	4,8%
C _{MO}	€	15.893	15.893	0,0%
C _{MS}	€	4.225	4.225	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	20.118	20.118	0,0%
OPEX	€	39.760	38.819	2,4%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

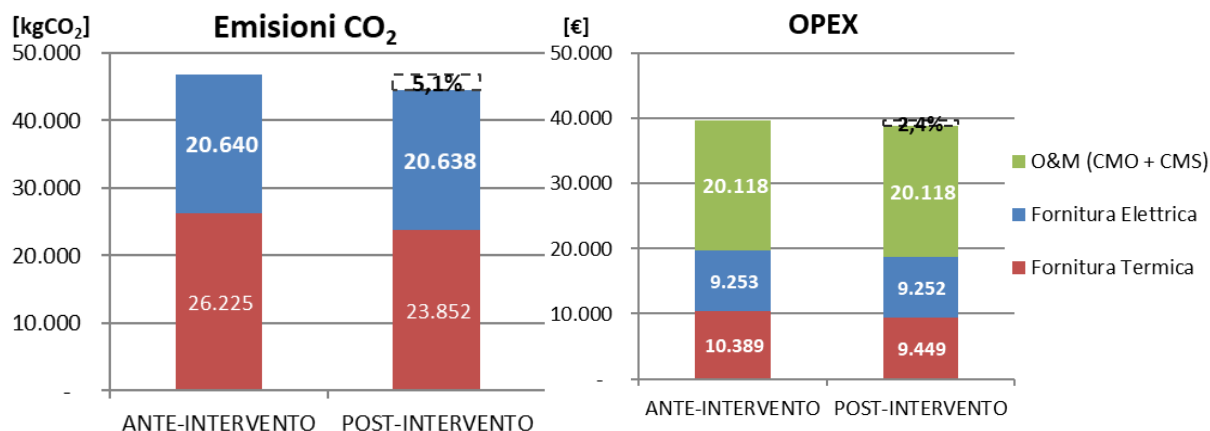
Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

CALCOLO RISPARMIO

U.M.

ANTE-INTERVENTO

POST-INTERVENTO

RIDUZIONE DAL
BASELINEFigura 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi. Siccome tale intervento non è condizionato dal valore storico-artistico dell’edificio, si propone di applicare questa misura dall’esterno.

La sostituzione degli infissi porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni. Si prevede anche l’installazione delle valvole termostatiche per ottenere gli incentivi previsti dal conto termico.

Figura 8.5 - Particolare degli infissi



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull’involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l’involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti è pari a 1,67 W/m²K. Attualmente gli infissi hanno un telaio in alluminio e vetro singolo e una trasmittanza media stimata pari a ca. 5,43 W/m²K. La nuova tipologia di serramento consente di raggiungere una trasmittanza media di 1,30 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM3 sono riportati nella tabella 8.3.

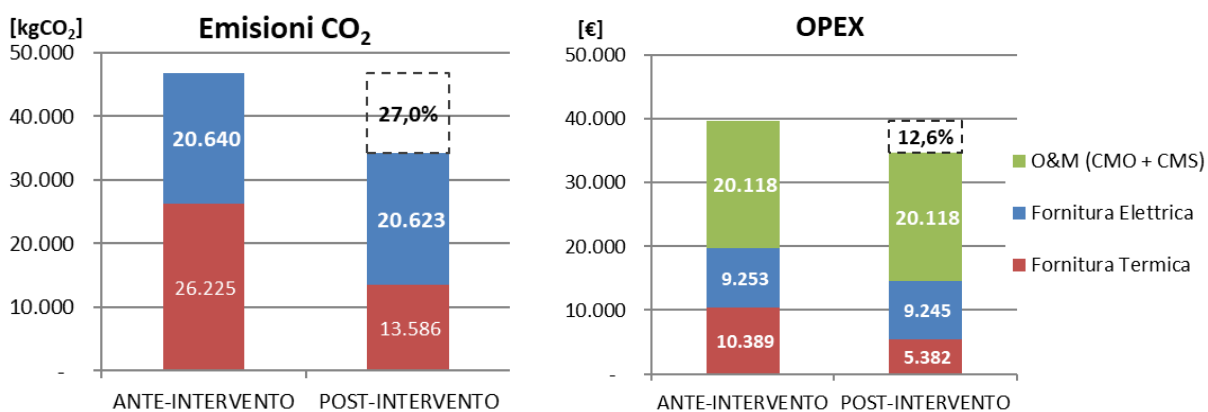
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media infissi	W/m ² K	5,43	1,30	76,1%
Q _{teorico}	kWh	134.785	69.826	48,2%
EE _{teorico}	kWh	44.926	44.889	0,1%
Q _{baseline}	kWh	129.827	67.257	48,2%
EE _{Baseline}	kWh	44.197	44.161	0,1%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	26.225	13.586	48,2%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	20.640	20.623	0,1%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	46.865	34.209	27,0%
Fornitura Termica, C _Q	€	10.389	5.382	48,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	9.253	9.245	0,1%
Fornitura Energia, C_E	€	19.642	14.628	25,5%
C _{MO}	€	15.893	15.893	0,0%
C _{MS}	€	4.225	4.225	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	20.118	20.118	0,0%
OPEX	€	39.760	34.746	12,6%
Classe energetica	-	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

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



8.1.2 Impianto di riscaldamento

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei generatori di calore e l’installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l’interruzione dell’attività scolastica nel periodo da Novembre ad Aprile.

La sostituzione delle caldaie e l’installazione di valvole termostatiche porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.7 - Particolare dei generatori di calore



Figura 8.8 - Particolare di un radiatore



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull’impianto di riscaldamento si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Attualmente l’impianto di generazione del calore per il riscaldamento è costituito da una caldaia standard a basamento usate con rendimento pari al 89,2% mentre l’impianto di regolazione è costituito da una centralina di controllo con dispositivo per la telegestione collegato ad una sonda climatica esterna; il rendimento di regolazione medio è calcolato pari al 82%. I terminali di emissione nelle aule scolastiche e nei corridoi sono costituiti da radiatori senza valvole termostatiche.

Quindi l’attuale sistema non riesce infatti a sfruttare gli apporti gratuiti e genera una distribuzione non uniforme delle temperature interne, con un surriscaldamento degli ambienti esposti a sud e/o ai piani intermedi. L’installazione di valvole termostatiche consentirà un’ottimizzazione dell’impianto che immetterà il calore solo dove richiesto per il raggiungimento della temperatura di set point, con notevole risparmio in termini di energia, senza trascurare il maggior comfort degli utenti.

La nuova tipologia di impianto termico ha un rendimento termico utile pari al 98,2%, maggiore del limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere prevista annualmente per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

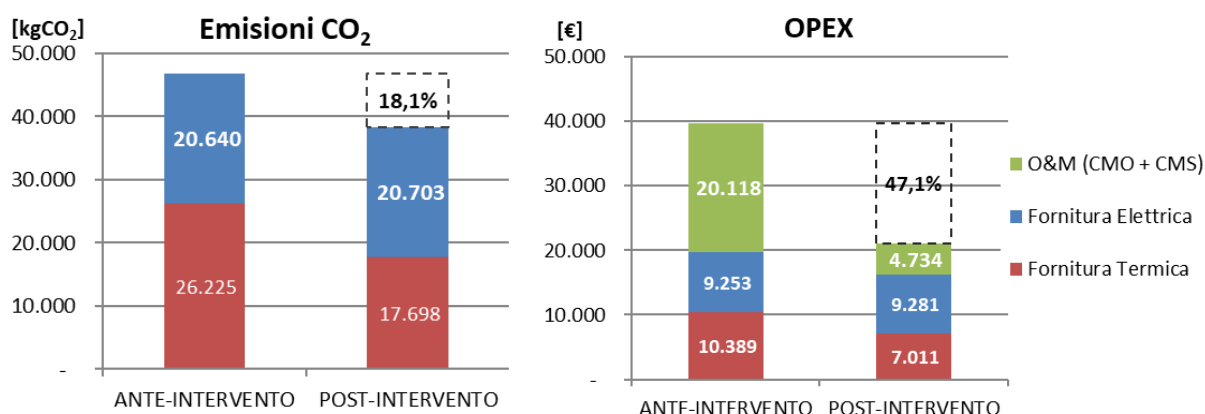
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella tabella 8.4.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINEE
Rendimento generazione di calore	%	88	101	14,8%
$Q_{teorico}$	kWh	134.785	90.962	32,5%
$EE_{teorico}$	kWh	44.926	45.064	-0,3%
$Q_{baseline}$	kWh	129.827	87.616	32,5%
$EE_{Baseline}$	kWh	44.197	44.332	-0,3%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	26.225	17.698	32,5%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	20.640	20.703	-0,3%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	46.865	38.401	18,1%
Fornitura Termica, C_Q	€	10.389	7.011	32,5%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	€	9.253	9.281	-0,3%
Fornitura Energia, C_E	€	19.642	16.293	17,1%
C_{MO}	€	15.893	3.740	76,5%
C_{MS}	€	4.225	994	76,5%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	€	20.118	4.734	76,5%
OPEX	€	39.760	21.026	47,1%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.9 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei corpi illuminanti con plafoniere aventi lampade led. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l’interruzione dell’attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

La sostituzione dei corpi illuminanti porta al risparmio di energia elettrica e ad un miglioramento delle condizioni di lavoro visto che la potenza da installare a seguito del relamping non sarà superiore al 50% della potenza sostituita, rispettando al contempo i criteri illuminotecnici previsti dalla normativa vigente.

Figura 8.10 - Particolare di una plafoniera a tubi fluorescenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull’impianto di illuminazione si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Attualmente l’impianto di illuminazione è costituito principalmente lampade fluorescenti o da plafoniere con lampade a tubi fluorescenti. L’intervento propone di sostituire tutti i corpi illuminanti con lampade a led con indice di resa cromatica maggiore di 80 per l’illuminazione degli ambienti interni e maggiore di 60 per l’illuminazione delle pertinenze esterne ed efficienza luminosa maggiore di 80 lm/W.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere effettuata saltuariamente durante la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

L’analisi è stata effettuata scegliendo, per ogni tipologia di lampada sostituita, un valore idoneo di potenza LED, nel rispetto della normativa sui livelli minimi di illuminamento nei luoghi di lavoro (norma UNI EN 12464) e dei requisiti tecnici dettati dal Conto Termico.

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM5 sono riportati nella tabella 8.5.

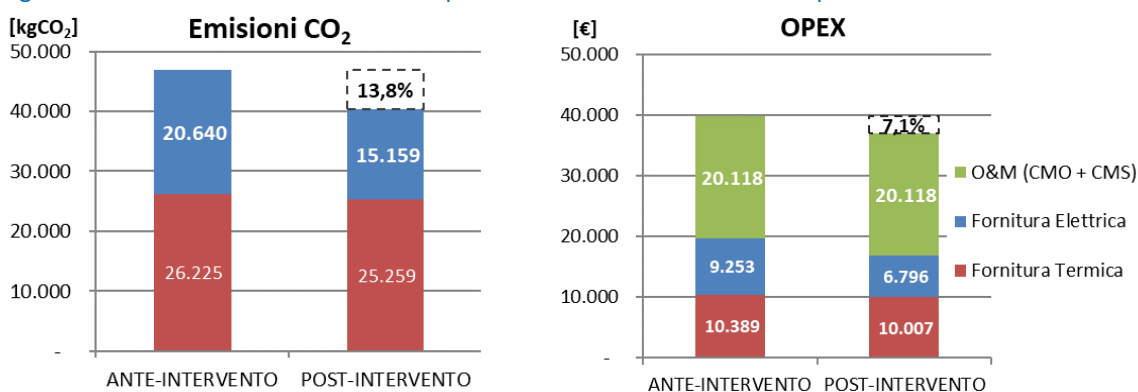
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza totale installata	W	17.468	8.606	50,7%
$Q_{teorico}$	kWh	134.785	129.820	3,7%
$EE_{teorico}$	kWh	44.926	32.995	26,6%
$Q_{baseline}$	kWh	129.827	125.045	3,7%
$EE_{Baseline}$	kWh	44.197	32.460	26,6%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	26.225	25.259	3,7%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	20.640	15.159	26,6%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	46.865	40.418	13,8%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Fornitura Termica, C _Q	€	10.389	10.007	3,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	9.253	6.796	26,6%
Fornitura Energia, C_E	€	19.642	16.802	14,5%
C _{MO}	€	15.893	15.893	0,0%
C _{MS}	€	4.225	4.225	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	20.118	20.118	0,0%
OPEX	€	39.760	36.920	7,1%
Classe energetica	-	F	F	+0 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080[€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.11 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

Generalità

La misura prevede l’installazione dell’impianto sulla copertura piana dell’edificio scolastico, la quale offre una superficie di circa 350 m². Si prevede di sfruttare la tecnologia al silicio cristallino, con pannelli solari di inclinazione pari a 35°, orientamento a Sud ed una potenza di picco installata di 22 kWp. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l’interruzione dell’attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

L’installazione di un impianto fotovoltaico porta al risparmio di energia elettrica e ad ulteriori ricavi economici visto che l’energia elettrica prodotta in surplus potrà essere immessa in rete tramite il sistema dello scambio sul posto grazie alla vendita dell’energia non autoconsumata.

Figura 8.12 - Particolare della copertura dove installare l’impianto



Caratteristiche funzionali e tecniche

I consumi elettrici in fascia oraria F1 risultano di circa il 78% corrispondenti a 34.388 kWh/anno, con il sistema proposto verrebbe prodotta per la suddetta fascia una energia elettrica pari a 29.010

kWh/anno, di cui vengono autoconsumati sul posto circa 22.446kWh/anno, in grado di coprire circa il 65% del consumo in F1. Si considera che l’energia elettrica autoconsumata non superi mai la richiesta da parte dell’utenza in fascia F1 per lo stesso mese esaminato.

La tematica andrà comunque approfondita tramite misurazioni, controlli e studi di fattibilità.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere effettuata durante la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

La stima dei risparmi energetici conseguibili è stata condotta in base alla producibilità mensile dell’impianto proposto. I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM6 sono riportati nella tabella 8.6.

Tabella 8.6 – Dati di produzione e di consumo dell’energia prodotta dall’impianto fotovoltaico

Mese	Consumo Energia elettrica fascia F1 (kWh)	Produzione energia elettrica con Impianto fotovoltaico (kWh)	Energia autoconsumata (kWh)	Copertura (%)
Gennaio	3.632	1.260	1.260	35%
Febbraio	3.965	1.820	1.820	46%
Marzo	3.759	2.610	2.610	69%
Aprile	3.142	2.780	2.780	88%
Maggio	3.092	3.180	3.092	100%
Giugno	2.020	3.240	2.020	100%
Luglio	1.137	3.510	1.137	100%
Agosto	685	3.260	685	100%
Settembre	2.482	2.790	2.482	100%
Ottobre	3.592	2.030	2.030	57%
Novembre	3.703	1.370	1.370	37%
Dicembre	3.179	1.160	1.160	36%
TOTALE	34.388	29.010	22.446	65%

Nota (1) I dati di produzione dell’energia elettrica dell’impianto fotovoltaico sono calcolati sulla base della località, la potenza installata, l’orientamento ed inclinazione; la fonte è <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=it&map=europe>

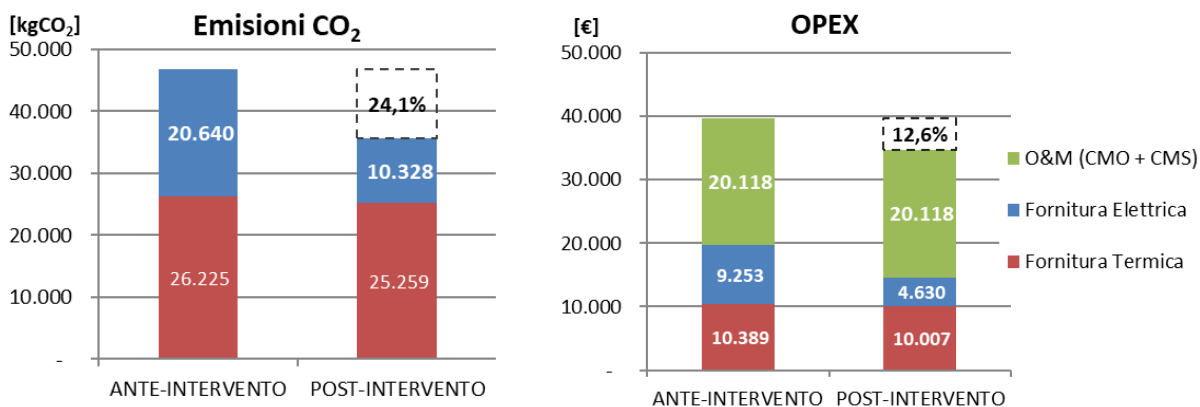
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
Potenza dell’impianto fotovoltaico	W	0	22.000	100,0%
Q _{teorico}	kWh	134.785	129.820	3,7%
EE _{teorico}	kWh	44.926	22.480	50,0%
Q _{baseline}	kWh	129.827	125.045	3,7%
EE _{Baseline}	kWh	44.197	22.115	50,0%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	26.225	25.259	3,7%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	20.640	10.328	50,0%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	46.865	35.587	24,1%
Fornitura Termica, C _Q	€	10.389	10.007	3,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	9.253	4.630	50,0%
Fornitura Energia, C_E	€	19.642	14.637	25,5%
C _{MO}	€	15.893	15.893	0,0%
C _{MS}	€	4.225	4.225	0,0%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	20.118	20.118	0,0%
OPEX	€	39.760	34.755	12,6%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,202 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.13 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

Agendo sull’involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l’involucro in base alla zona termica.

Nella L’analisi dei costi è basata sull’applicazione di uno strato di isolante di 12 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 1 che consiste nell’isolamento delle pareti esterne.

L’analisi dei costi è basata sull’applicazione di uno strato di isolante di 12 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura materiale isolante	PR.A17.Y04.010	17.585,34	m ² cm	2,00	1,82	31.973,35	7.034,14	39.007,48
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A30.010	1.465,45	m ²	6,68	6,07	8.899,25	1.957,83	10.857,08
Malta premiscelata	PR.A02.A20.600	1.465,45	kg	0,82	0,75	1.092,42	240,33	1.332,76
Collante cementizio murature	per PR.A02.A25.010	732,72	kg	0,49	0,45	326,39	71,81	398,20
Ponteggio e cantiere	95.B10.S10.010	1.465,45	m ²	14,28	12,98	19.024,14	4.185,31	23.209,45
Preparazione muratura esterna	25.A05.E10.015	1.465,45	m ²	7,26	6,60	9.671,94	2.127,83	11.799,76
Posa in opera intonaco esterni	per 25.A54.A30.010	1.465,45	m ²	4,81	4,37	6.407,99	1.409,76	7.817,75
Rasatura armata con interposta rete in fibra di vetro	25.A54.B40.010	1.465,45	m ²	23,79	21,63	31.693,58	6.972,59	38.666,17
Costi per la sicurezza		3	%			2.313,47	508,96	2.822,44
Costi per la progettazione		7	%			5.398,10	1.187,58	6.585,68
TOTALE (I₀)						116.800,63	25.696,14	142.496,77
Incentivi [Conto termico]								56.998,71
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								11.399,74
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L’importo dell’incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell’intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 100 €/m ² . Siccome il costo complessivo dell’intervento supera i 100 €/m ² si valuta l’importo dell’incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie da isolare per 100.							

EEM2: Isolamento della copertura e del solaio del sottotetto

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Nelle tabelle 9.2 e 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2.

L'analisi dei costi tiene conto dell'applicazione di uno strato di isolante di 14 cm al fine garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento della copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura materiale isolante	PR.A17.Y04.010	4.904,06	m ² cm	2,00	1,82	8.916,47	1.961,62	10.878,10
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A50.010	350,29	m ²	6,68	6,07	2.127,22	467,99	2.595,20
Preparazione muratura	25.A05.C10.010	350,29	m ²	6,88	6,25	2.190,90	482,00	2.672,90
Posa in opera materiale impermeabilizzante	03.P10.B01.005 ⁽¹⁾	350,29	m ²	15,35	13,95	4.888,14	1.075,39	5.963,53
Membrana elastoplastomerica	PR.A18.A25.030	350,29	m ²	5,67	5,15	1.805,59	397,23	2.202,81
Costi per la sicurezza		3	%			597,85	131,53	729,38
Costi per la progettazione		7	%			1.394,98	306,90	1.701,88
TOTALE (I₀)						21.921,15	4.822,65	26.743,80
Incentivi	[Conto termico]							10.697,52
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								2.139,50
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Regione Piemonte. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 200 €/m ² .							

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento del solaio del sottotetto

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura materiale isolante	01.P09.A04.035 ⁽¹⁾	560,79	m ² cm	9,92	9,02	5.057,29	1.112,60	6.169,89
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A50.010	560,79	m ²	6,68	6,07	3.405,51	749,21	4.154,73
Collante cementizio per murature	PR.A02.A25.010	280,39	m ²	0,49	0,45	124,90	27,48	152,38
Preparazione solaio	25.A05.E10.015	560,79	m ²	7,26	6,60	3.701,20	814,26	4.515,46
Malta premiscelata	20.A54.B10.010	560,79		4,80	4,36	2.447,07	538,36	2.985,43
Costi per la sicurezza		3	%			257,63	56,68	314,31
Costi per la		7	%			601,14	132,25	733,39

progettazione			
TOTALE (I₀)		15.594,75	3.430,84
Incentivi	[Conto termico]		7.610,24
Durata incentivi			5
Incentivo annuo			1.522,05
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Regione Piemonte Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 100 €/m ² .		

EEM3: Sostituzione infissi e installazione delle valvole termostatiche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Nella tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3.

La nuova tipologia di infissi con telaio in pvc a sei camere cave con vetro doppio 4-16-4 basso emissivo permette di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio vecchi serramenti	25.A05.H01.100	678,70	m ²	39,61	36,01	24.439,41	5.376,67	29.816,08
Fornitura serramenti	PR.A23.A30.010	678,70	m ²	328,90	299,00	202.931,60	44.644,95	247.576,55
Fornitura controtelaio	PR.A23.B10.020	104,21	m	7,59	6,90	719,03	158,19	877,22
Trasporto materiale	25.A15.C10.020	101,81	m ³	11,77	10,70	1.089,32	239,65	1.328,96
Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	124,00	cad	35,42	32,20	3.992,80	878,42	4.871,22
Costi per la sicurezza		3	%			6.995,16	1.538,94	8.534,10
Costi per la progettazione		7	%			16.322,05	3.590,85	19.912,90
TOTALE (I₀)						256.489,37	56.427,66	312.917,03
Incentivi	[Conto termico]							100.000,00
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								20.000,00
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. Siccome il costo complessivo dell'intervento supera i 450 €/m ² si valuta l'importo dell'incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie finestrata da sostituire per 450, ma dato che tale valore supera il limite massimo incentivabile, si considera l'importo dell'incentivo pari a 100.000.							

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

Agendo sull’impianto di riscaldamento si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Nella Tabella 9.5 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 4.

Le nuove caldaie a condensazione e l’installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione del generatore di calore e installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione caldaia esistente	CCIAA RE ⁽¹⁾	1	cad	2.853,80	2.594,36	2.594,36	570,76	3.165,12
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.010	1	cad	18.785,25	17.077,50	17.077,50	3.757,05	20.834,55
Canna fumaria	PR.C84.C05.500	1	cad	165,72	150,65	150,65	33,14	183,80
Installazione nuovo bruciatore	40.C10.B10.110	1	cad	392,78	357,07	357,07	78,56	435,63
Accessori per l’impianto	PR.C76.A30.020	15	cad	21,13	19,21	288,14	63,39	351,53
	PR.C76.A30.015	1	cad	28,46	25,87	25,87	5,69	31,56
	40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	24,12	133,76
Termoregolazione	40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	5,94	32,95
	PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	29,35	162,75
	PR.C74.E05.030	1	cad	76,47	69,52	69,52	15,29	84,81
Manodopera	RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	103,23	572,46
Impianti elettrici	RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	255,04	1.414,31
Trasporto materiali	20.A15.B10.015	100	m ³ km	4,72	4,29	429,09	94,40	523,49
Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	124	cad	35,42	32,20	3.992,80	878,42	4.871,22
Costi per la sicurezza		3	%			806,51	177,43	983,94
Costi per la progettazione		7	%			1.881,85	414,01	2.295,86
TOTALE (I₀)						29.571,91	6.505,82	36.077,73
Incentivi	[Conto termico]							14.431,09
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								2.886,22
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Camera di Commercio di Reggio Emilia. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L’importo dell’incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell’intervento siccome il costo unitario al kWt di potenza utile complessiva dell’impianto termico non supera i 130 €/kWt.							

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Agendo sull’impianto di illuminazione si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Nella tabella 9.6 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 5.

Le nuove plafoniere con lampade led permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura e installazione lampade LED –6 W	1E.06.060.0180.b ⁽¹⁾	68	cad	14,85	13,50	918,00	201,96	1.119,96
Fornitura e installazione lampade LED – 20 W	045129b	38	cad	98,61	89,65	3.406,53	749,44	4.155,96
Fornitura e installazione lampade LED – 36 W	045161b	205		156,66	142,42	29.195,73	6.423,06	35.618,79
Fornitura e installazione lampade LED – 56 W	043169d	1		176,76	160,69	160,69	35,35	196,04
Rimozione vecchi corpi illuminanti	1E.17.010.0010 ⁽²⁾	312	cad	5,73	5,21	1.625,24	357,55	1.982,79
Costi per la sicurezza		3	%			1.059,19	233,02	1.292,21
Costi per la progettazione		7	%			2.471,43	543,72	3.015,15
TOTALE (I₀)						38.836,80	8.544,10	47.380,90
Incentivi	[Conto termico]							18.952,36
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								3.790,47
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Nota (2): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario Dei. Imp. Ele. 2017. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L’importo dell’incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell’intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie utile calpestabile dell’edificio soggetta all’intervento non supera i 35 €/m ² .							

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

L’intervento proposto non rientra tra quelli elencati all’art.7 del DM 16/02/16 (Nuovo Conto Termico); quindi non esiste la possibilità di accedere a meccanismi incentivanti.

Nella Tabella 9.7 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 6.

Tabella 9.7 – Analisi dei costi della EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura impianto fotovoltaico “Chiavi in mano”	1E.17.010.0010 ⁽¹⁾	22	kWp	2.236,65	2.033,32	44.733,00	9.841,26	54.574,26
Costi per la sicurezza		3	%			1.341,99	295,24	1.637,23
Costi per la		7	%			3.131,31	688,89	3.820,20

progettazione				
TOTALE (I₀)		49.206,30	10.825,39	60.031,69
Incentivi	[Conto termico]			-
Durata incentivi				-
Incentivo annuo				-
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO			

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d’investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

- FC_n è il flusso di cassa all’anno n-esimo;

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Isolamento delle pareti esterne

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	142.497
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	11.400
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	40,6	23,6

Tempo di rientro attualizzato	TRA	62,2	36,2
Valore attuale netto	VAN	-76.029	-25.279
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,2%	1,4%
Indice di profitto	IP	-0,53	-0,18

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

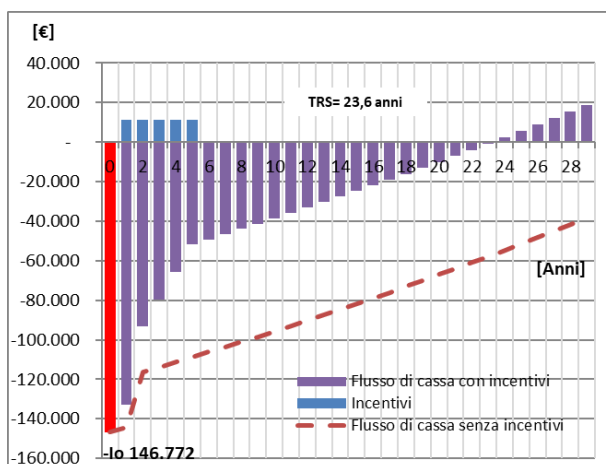
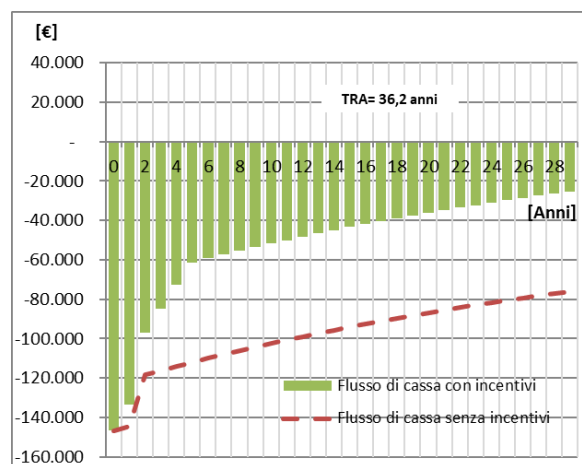


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di metano a seguito dell’intervento a fronte della spesa sostenuta per l’intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull’involucro consigliamo di valutare preventivamente l’isolamento delle pareti esterne, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si possono ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM2: Isolamento della copertura

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2 – Isolamento della copertura e del solaio del sottotetto

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	46.519
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	3.662
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	40,7	23,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	62,5	36,6
Valore attuale netto	VAN	-24.908	-8.607

Tasso interno di rendimento	TIR	-2,2%	1,3%
Indice di profitto	IP	-0,54	-0,19

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.3 e Figura 9.4.

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

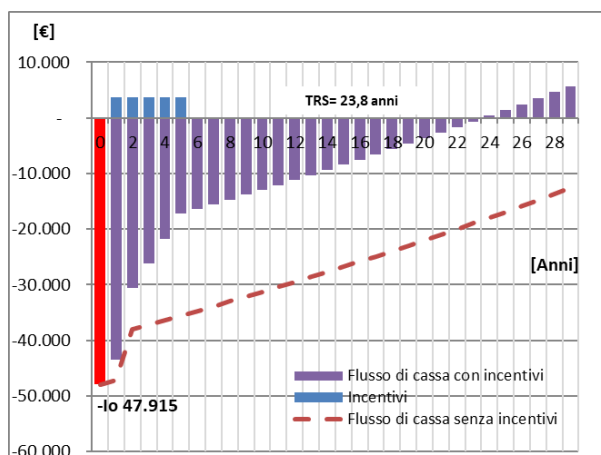
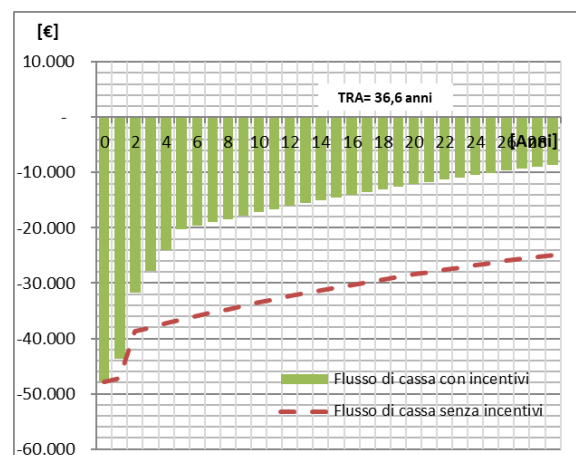


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di metano a seguito dell’intervento a fronte della spesa sostenuta per l’intervento.

EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	312.917
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	20.000
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	48,4	32,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	72,5	43,5
Valore attuale netto	VAN	-188.861	-99.824
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,5%	-0,8%
Indice di profitto	IP	-0,60	-0,32

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.5 e Figura 9.6.

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

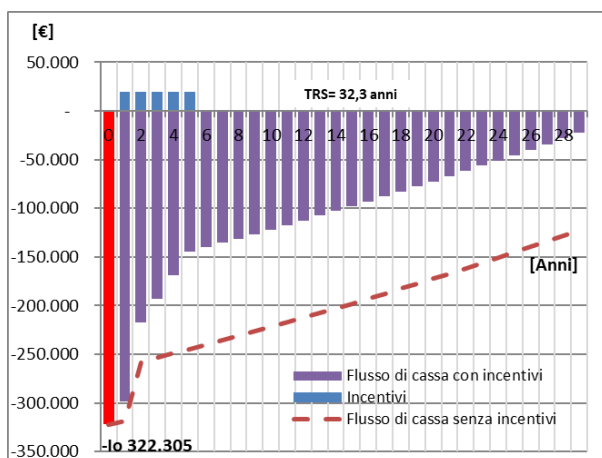
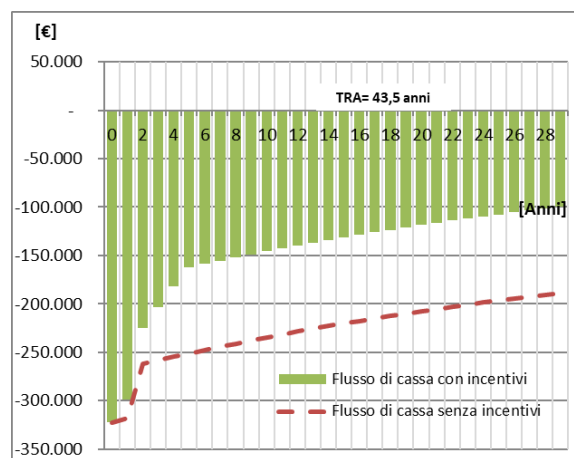


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di gas metano a seguito dell’intervento a fronte della spesa per sostenere l’intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull’involucro consigliamo di valutare preventivamente la sostituzione degli infissi, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si potrebbero ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

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

Tabella 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	36.078
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	2.886
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	2,0	1,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,3	1,8
Valore attuale netto	VAN	138.246	151.095
Tasso interno di rendimento	TIR	45,7%	52,8%
Indice di profitto	IP	3,83	4,19

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

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

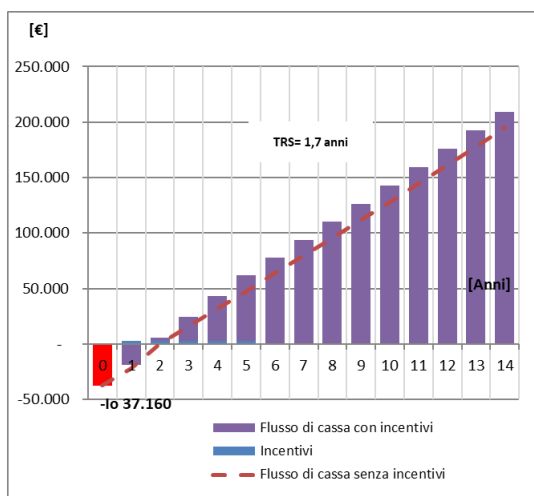
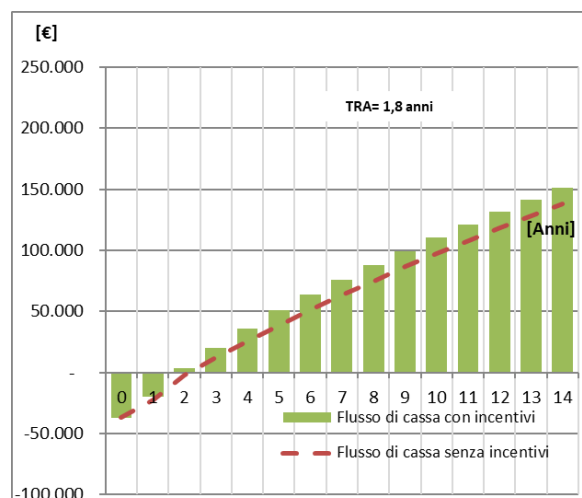


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato pari a 2 anni nel caso di incentivi. Anche nel caso senza incentivi l’intervento risulta vantaggioso.

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

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

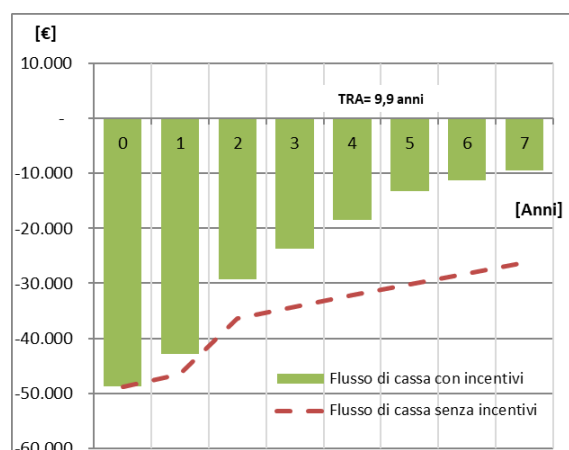
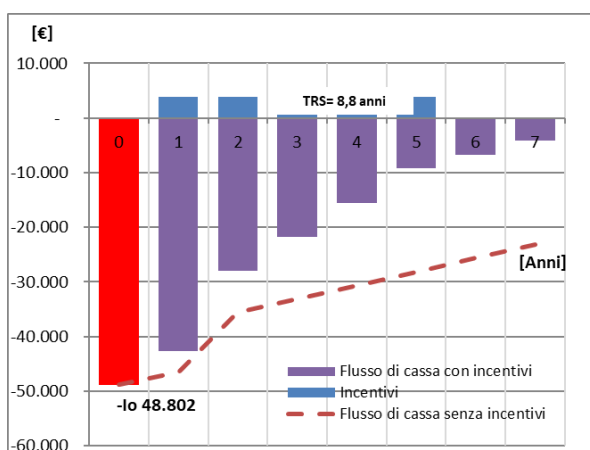
Tabella 9.12 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

PAREMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	47.381
Oneri Finanziari % I_0	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	3.790
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	15,2	8,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,3	9,9
Valore attuale netto	VAN	-26.269	-9.395
Tasso interno di rendimento	TIR	-16,0%	-2,7%
Indice di profitto	IP	-0,55	-0,20

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

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 risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 8 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto ad una spesa rilevante per sostenere l’intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull’impianto elettrico consigliamo di valutare la sostituzione dei corpi illuminanti assieme alla riduzione dei consumi elettrici che può arrivare dall’energia autoconsumata prodotta dall’installazione di un impianto fotovoltaico. In questo modo si potrebbero ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

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

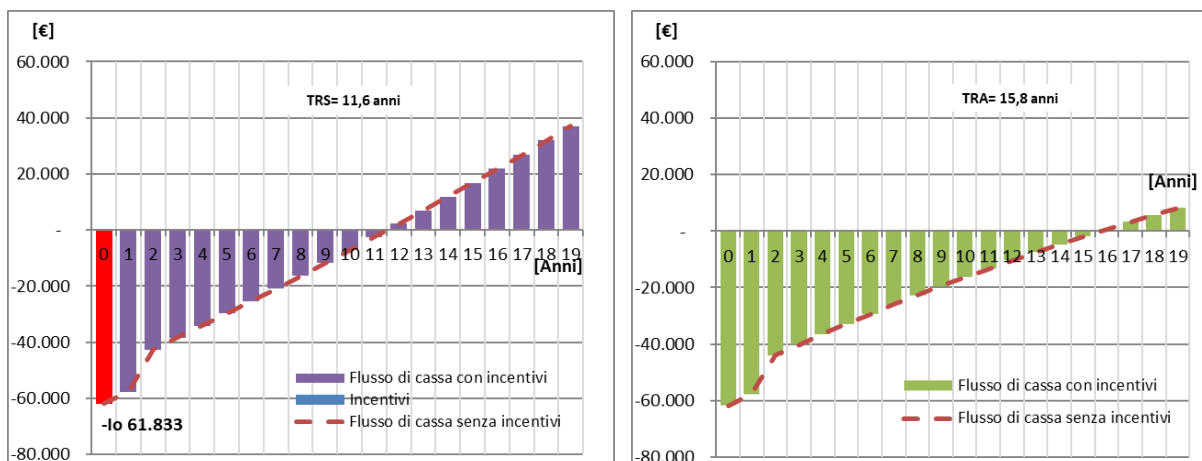
Tabella 9.13 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	60.032
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	11,6	11,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,8	15,8
Valore attuale netto	VAN	8.198	8.198
Tasso interno di rendimento	TIR	5,6%	5,6%
Indice di profitto	IP	0,14	0,14

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.12.

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 risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato circa pari a 16 anni. Non sono previsti incentivi da conto termico per l’installazione dell’impianto fotovoltaico, quindi i flussi di cassa “con incentivi” e senza sono identici.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nella Tabella 9.14 e nella Tabella 9.15.

Tabella 9.14 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	14,8	15,6	2.899	0	0	-142.497	40,6	62,2	30	-76.029	-2,2	-0,5
EEM2	4,8	5,1	941	0	0	-46.519	40,7	62,5	30	-24.908	-2,2	-0,5
EEM3	25,5	27,0	5.015	0	0	-312.917	48,4	72,5	30	-188.861	-3,5	-0,6
EEM4	17,1	18,1	3.350	12.154	3.231	-36.078	2,0	2,3	15	138.246	45,7	3,8
EEM5	14,5	13,8	2.840	0	0	-47.381	15,2	17,3	8	-26.269	-16,0	-0,6
EEM6	25,5	24,1	5.006	0	0	-60.032	11,6	15,8	20	8.198	5,6	0,1

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

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

Dall’analisi dei risultati emerge che solo il quarto e sesto intervento risultano avere ritorni economici vantaggiosi senza incentivi; ma vengono riportati tutti per completezza di informazione. Tra quelli proposti ci sono comunque interventi realizzabili sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista economico nel caso si acceda agli incentivi previsti dal conto termico come indicato in tabella 9.15.

Tabella 9.15 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	14,8	15,6	2.899	0	0	-142.497	23,6	36,2	30	-25.279	1,4	-0,2
EEM2	4,8	5,1	941	0	0	-46.519	23,8	36,6	30	-8.607	1,3	-0,2
EEM3	25,5	27,0	5.015	0	0	-312.917	32,3	43,5	30	-99.824	-0,8	-0,3
EEM4	17,1	18,1	3.350	12.154	3.231	-36.078	1,7	1,8	15	151.095	52,8	4,2
EEM5	14,5	13,8	2.840	0	0	-47.381	8,8	9,9	8	-9.395	-2,7	-0,2
EEM6	25,5	24,1	5.006	0	0	-60.032	11,6	15,8	20	8.198	5,6	0,1

Dall’analisi dei risultati emerge che i interventi singoli che risultano economicamente vantaggiosi e tecnicamente fattibili sono l’EEM4, e l’EEM6.

l’EEM4 è attuabile dal punto di vista tecnico ed ha un tempo di ritorno attualizzato molto vantaggioso, sebbene ciò dipenda anche da quanto effettivamente si possono ridurre i costi di manutenzione seguito a dell’intervento. Inoltre c’è la possibilità di ridurre i consumi elettrici sfruttando almeno in parte l’energia elettrica prodotta dall’impianto fotovoltaico con ulteriore ricavi economici accedendo al meccanismo di scambio sul posto per l’energia elettrica prodotta in surplus rispetto ai consumi.

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.

Per il primo scenario ottimale ci si aspetta che gli interventi proposti interessino la riduzione dei consumi termici, mentre il secondo scenario, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzione integrate che interessino interventi sull’involucro e sul sistema elettrico dell’edificio.

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell’equity, ossia il rendimento atteso dall’investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I₀
- E è l’Equity, pari a 20% di I₀
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ 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 LLLCR 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: [EEM1 + EEM4]:** tale scenario consiste nell’isolamento delle pareti esterne e la sostituzione del generatore di calore con l’installazione di valvole termostatiche;
- **Scenario 2: [EEM3 + EEM4 + EEM6]:** tale scenario consiste nella sostituzione di tutti gli infissi con l’installazione delle valvole termostatiche, la sostituzione del generatore di calore, l’installazione di un impianto fotovoltaico.

9.3.1 Scenario 1: EEM1 + EEM4

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

- EEM1: Isolamento delle pareti esterne;
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche;

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 – Fornitura e Posa	109.089,06	23.999,59	133.088,65
EEM4 – Fornitura e Posa	26.883,55	5.914,38	32.797,94
Costi per la sicurezza	4.079,18	897,42	4.976,60
Costi per la progettazione	9.518,08	2.093,98	11.612,06
TOTALE (I_a)	149.569,87	32.905,37	182.475,25
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	3.740	994	4.734
TOTALE (C_M)	3.740	994	4.734
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	71.429,80	
Durata incentivi		5	

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

Figura 9.13 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

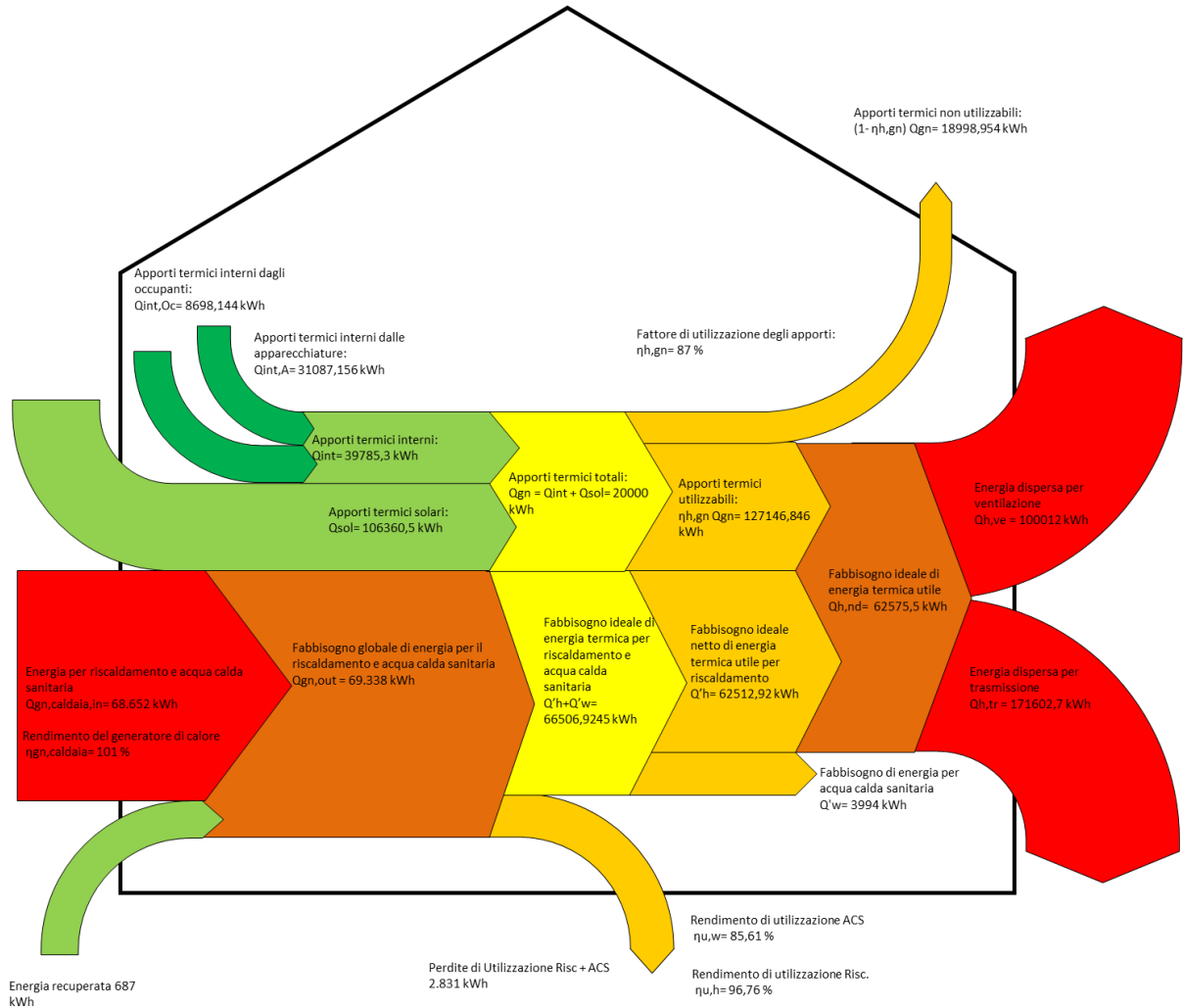
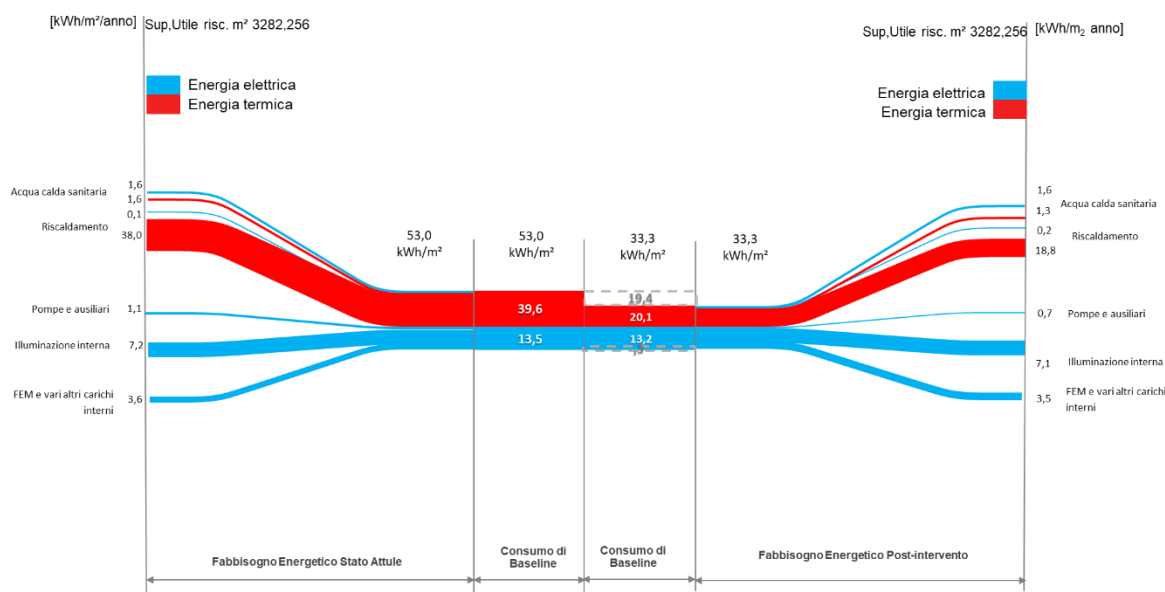


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

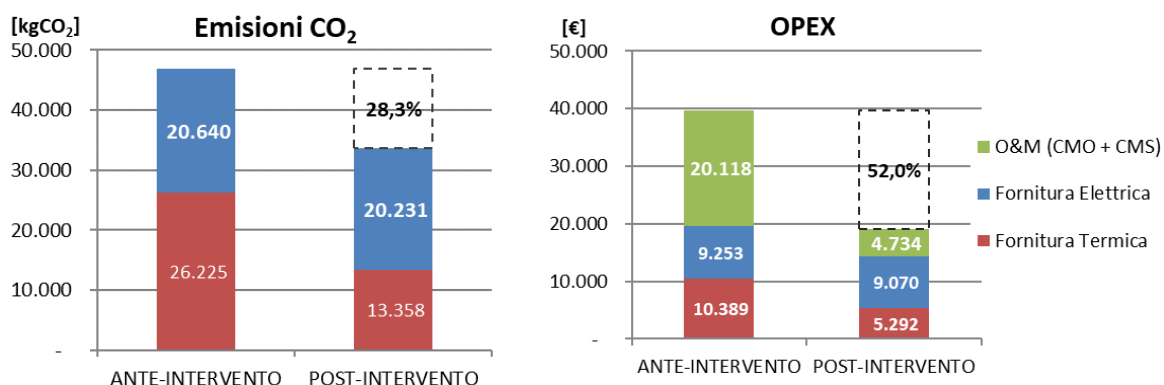


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.15.

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 [trasmissione parete]	[W/m²K]	1,42	0,26	81,7%
EEM4 [Rendimento generazione calore]	[%]	88	101	14,8%
Q _{teorico}	[kWh]	134.785	68.652	49,1%
EE _{teorico}	[kWh]	44.926	44.036	2,0%
Q _{baseline}	[kWh]	129.827	66.126	49,1%
EE _{baseline}	[kWh]	44.197	43.321	2,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	26.225	13.358	49,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	20.640	20.231	2,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	46.865	33.589	28,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	10.389	5.292	49,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9.253	9.070	2,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.642	14.361	26,9%
C _{MO}	[€]	15.893	3.740	76,5%
C _{MS}	[€]	4.225	994	76,5%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	20.118	4.734	76,5%
OPEX	[€]	39.760	19.095	52,0%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ 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 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CDP}	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	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 182.475
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 5.474
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 187.950
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 150.360
Equity	I_E	€ 37.590
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 18.112
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 181.117
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 30.757

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 14.792
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 18.245
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 33.037
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	26,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	76,5%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 16.735
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 330
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 52.560
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 21.453
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	61,34%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 8.235
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 2.197
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 5.972
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 4.457
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 11.844
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 16.302
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 16.405
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 32.706
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 32.905
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 71.430
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.20 – 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	T.R.S.	6,39
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,45
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 79.224
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	11,74%
Indice di Profitto	IP	43,42%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,40
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,71
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 56.813
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	48,92%
Debit Service Cover Ratio	DSCR > 1,3	1,403
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,623
Indice di Profitto Azionista	IP	31,13%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

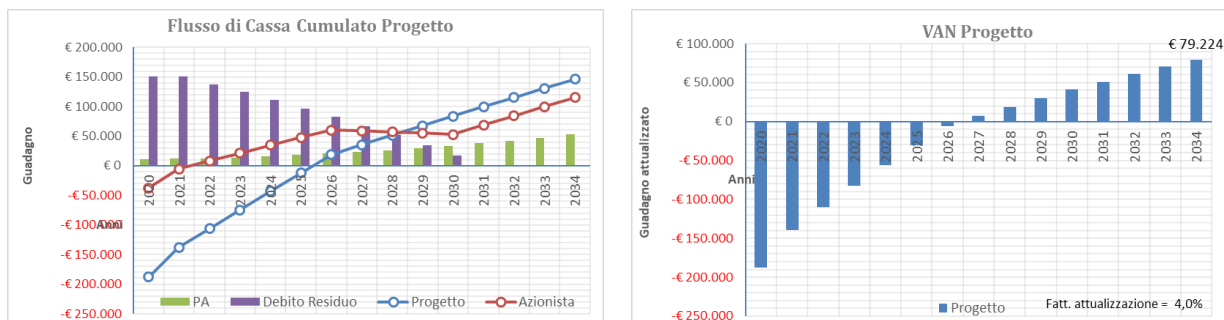
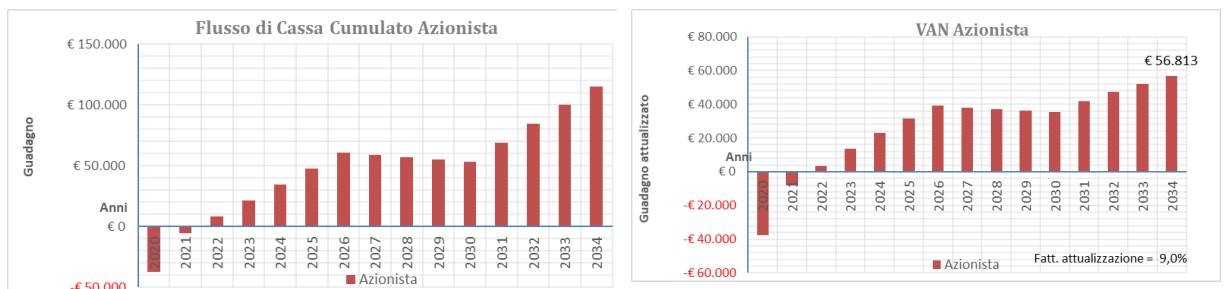
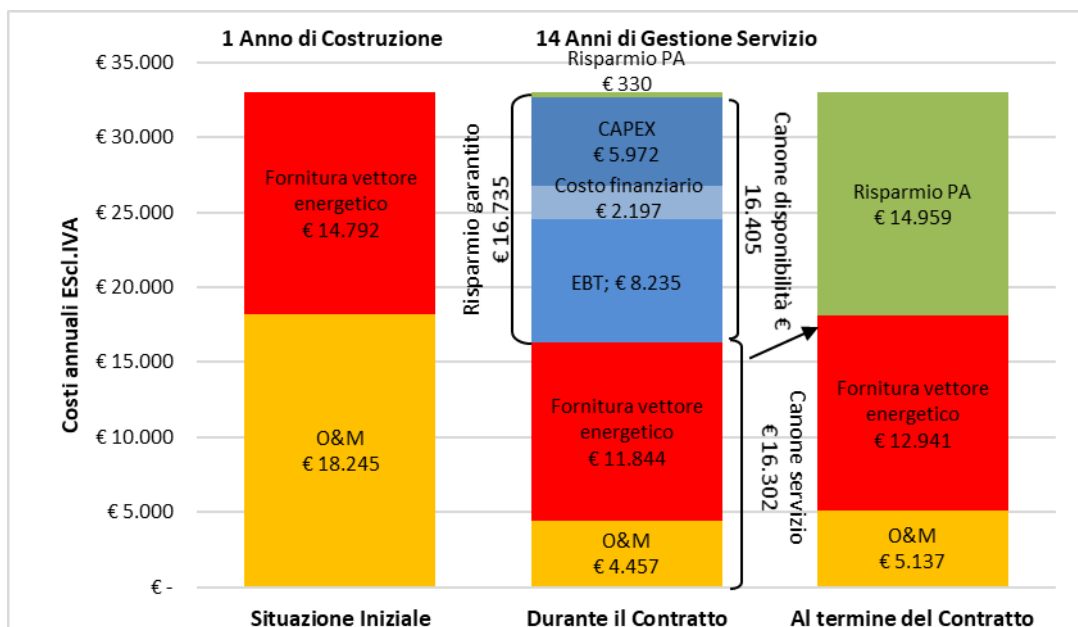


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM3 + EEM4 + EEM6

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

- EEM2: Sostituzione degli infissi con installazione delle valvole termostatiche;

- EEM4: Sostituzione del generatore di calore;
- EEM6: installazione di un impianto fotovoltaico

Tabella 9.21 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 – Fornitura e Posa	233.172,15	51.297,87	284.470,03
EEM4 – Fornitura e Posa	22.890,75	5.035,97	27.926,72
EEM6 – Fornitura e Posa	44.733,00	9.841,26	54.574,26
Costi per la sicurezza	7.681,89	1.690,02	9.371,90
Costi per la progettazione	17.924,40	3.943,37	21.867,77
TOTALE (I₀)	326.402,20	71.808,48	398.210,68
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	3.740	974	4.734
EEM6 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	3.740	974	4.734
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	114.431,09	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		22.886,22	

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

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

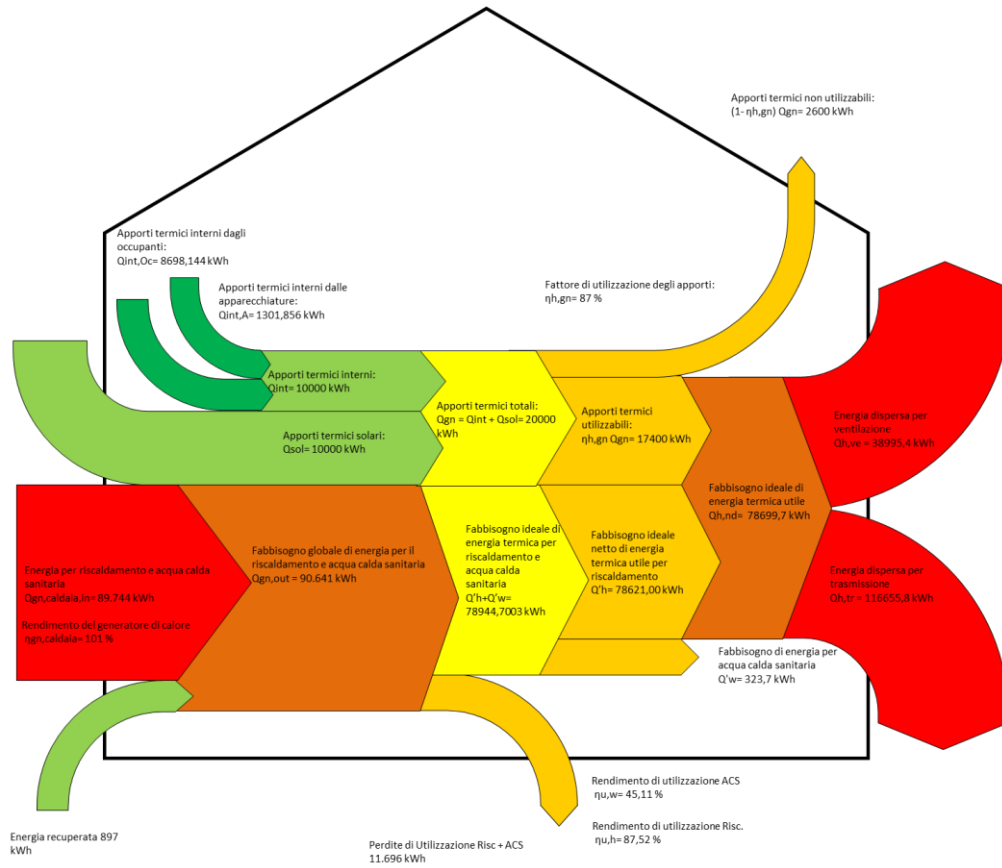
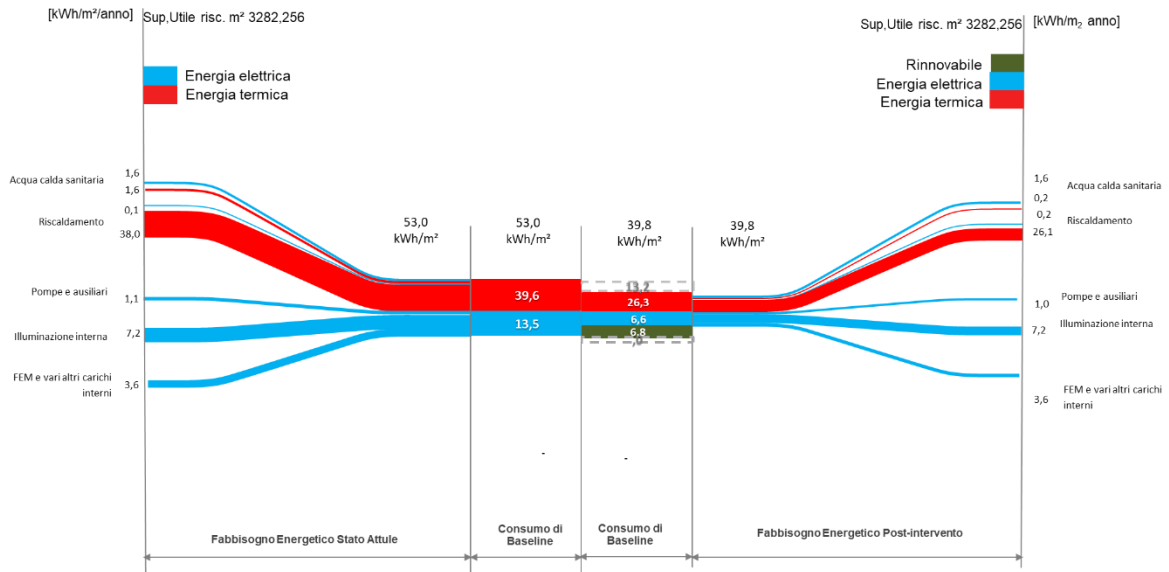


Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.22 e nella Figura 9.21.

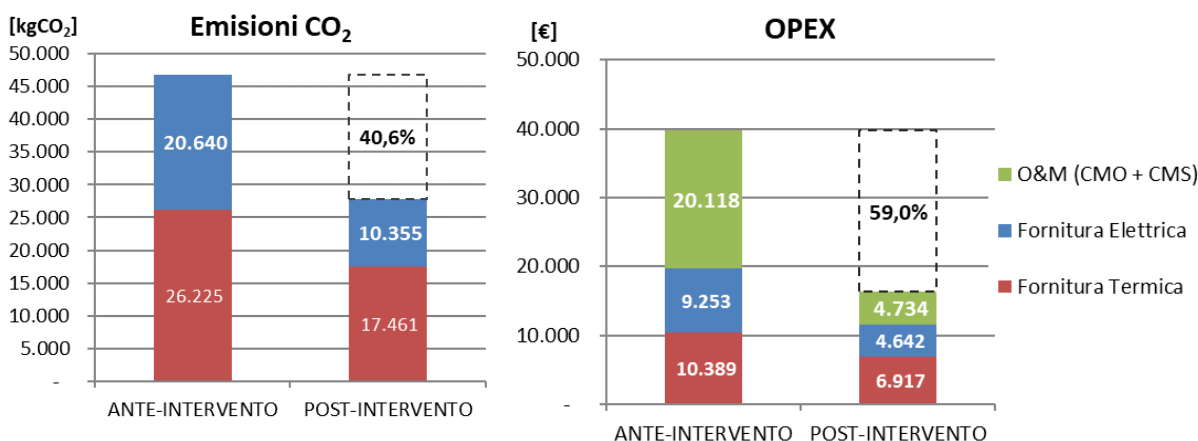
Tabella 9.22 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 [trasmissione infissi]	$[\text{W/m}^2\text{K}]$	5,43	1,3	76,1%
EEM4 [Rendimento generazione calore]	$[\%]$	88	101	-14,8%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM6 [Potenza installata]	[w]	0	22.000	100,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	134.785	89.744	33,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	44.926	22.539	49,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	129.827	86.442	33,4%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	44.197	22.173	49,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	26.225	17.461	33,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	20.640	10.355	49,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	46.865	27.816	40,6%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	10.389	6.917	33,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	9.253	4.642	49,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.642	11.560	41,1%
C_{MO}	[€]	15.893	3.740	76,5%
C_{MS}	[€]	4.225	994	76,5%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	20.118	4.734	76,5%
OPEX	[€]	39.760	16.293	59,0%
Classe energetica	[-]	F	C	+3 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080[€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ 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 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.23 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI	
Anni Costruzione	n_i 1
Anni Gestione Servizio	n_s 24
Anni Concessione	n 25

Anno inizio Concessione	n_0	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	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	17
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 398.211
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 11.946
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 410.157
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 328.126
Equity	I_E	€ 82.031
Fattore di annualità Debito	FA_D	12,49
Rata annua debito	q_D	€ 26.267
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 446.536
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 118.410

Tabella 9.24 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 14.792
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 18.245
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 33.037
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	41,1%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	76,5%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$	2,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 18.321
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 661
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 137.860
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 27.025
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	19,87%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 3.397
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 4.934
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 9.330
Canone O&M €/anno	CnM	€ 4.572
Canone Energia €/anno	CnE	€ 10.144

Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 14.716
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 17.660
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 32.376
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 71.808
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 114.431
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.25 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	13,09
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	20,56
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 30.171
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,03%
Indice di Profitto	IP	7,58%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	14,60
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,75
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 17.875
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	21,36%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,081
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,008
Indice di Profitto Azionista	IP	4,49%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

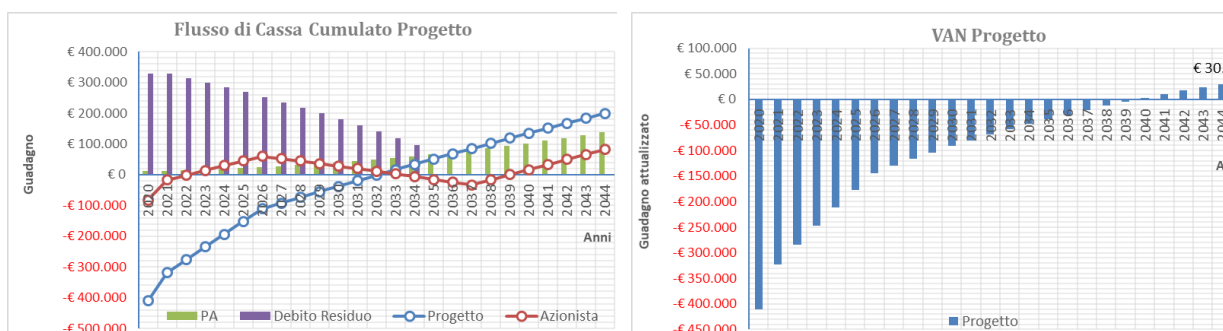
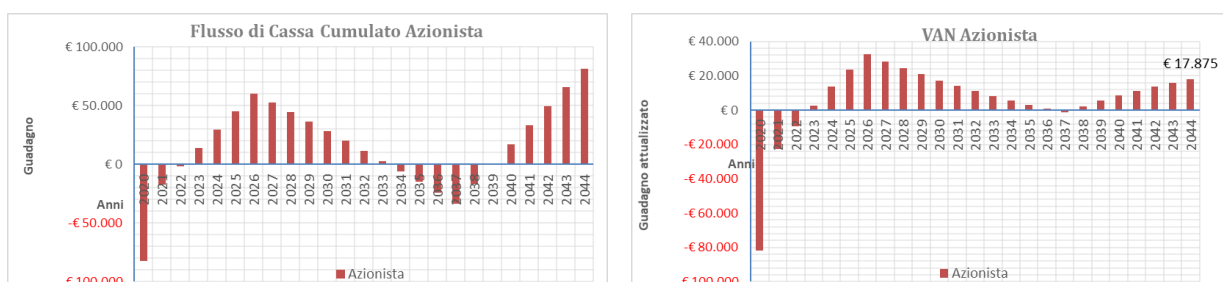
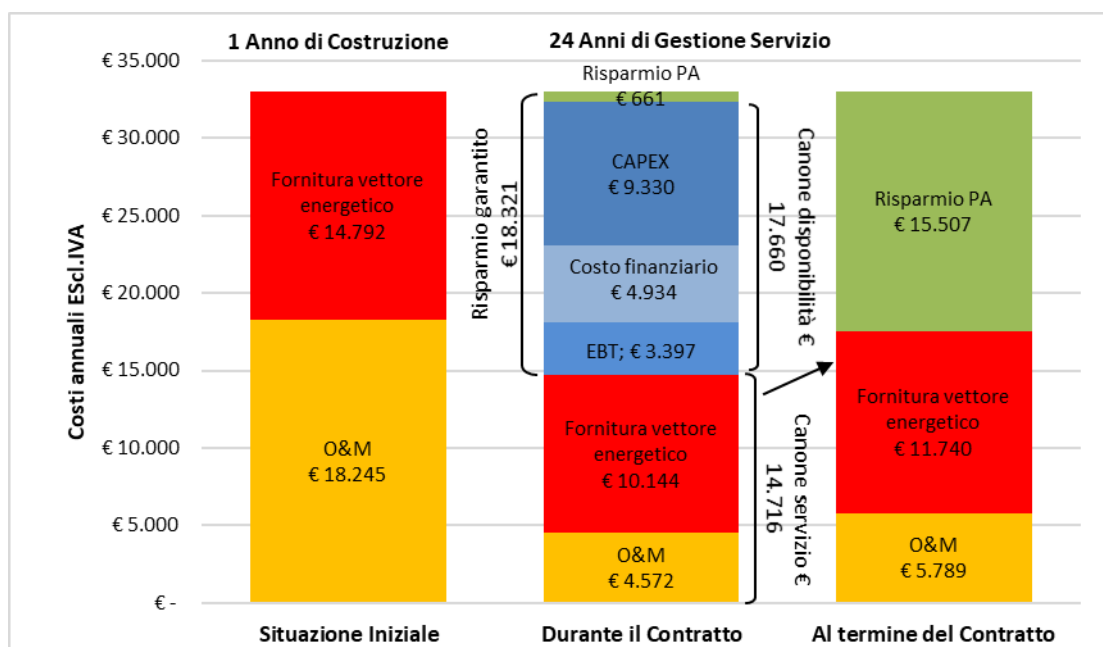


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.18.

Figura 9.24 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indicatori di prestazione energetica sono riportati nella tabella 10.1 in cui vengono espressi in duplice forma:

- Rispetto ai consumi energetici reali con riferimento ai dati storici come media delle ultime 3 annualità.
- Rispetto a condizioni standard di riferimento (calcolo in valutazione standard UNI TS 11300);

Tabella 10.1 – Indicatori di performance energetica valutati in modalità adattata all’utenza e in condizioni standard

INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE		CONDIZIONI REALI	U.M.	CONDIZIONI STANDARD	U.M.
Indice di prestazione energetica globale	EP _{gl}	63,7	kWh/mq anno	194,2	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale	EP _H	43,7	kWh/mq anno	160,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la produzione di acs	EP _{acs}	3,8	kWh/mq anno	4,9	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva	EP _C	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno

INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE		CONDIZIONI REALI	U.M.	CONDIZIONI STANDARD	U.M.
Indice di prestazione energetica per la ventilazione	EP _V	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per illuminazione artificiale	EP _L	14,2	kWh/mq anno	27,3	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il trasporto di persone o cose	EP _{Tr}	2,0	kWh/mq anno	2,0	kWh/mq anno
Indice di energia termica totale	EP _T	40,0	kWh/mq anno	149,5	kWh/mq anno
Indice di energia elettrica totale	EE	13,7	kWh/mq anno	18,9	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il riscaldamento	ET _H	39,3	kWh/mq anno	148,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il raffrescamento	ET _C	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per la produzione di acs	ET _W	2,3	kWh/mq anno	3,3	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	14,3	Kg/mq anno	39,0	Kg/mq anno

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

10.2.1 Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:

Al fine di dare una priorità all’implementazione degli interventi di miglioramento individuati è stata effettuata un’analisi multicriterio che tenga in considerazione gli aspetti:

- Energetici: Riduzione dei consumi di energia primaria (kWh);
- Economici:
 - Costo dell’energia risparmiata (CER) espressa in c€/kWh, fornisce l’esborso finanziario da sostenere per ogni unità di energia risparmiata;
 - Indice di profittabilità (IP) dato dal rapporto tra VAN e Investimento;
 - Valore Attualizzato Netto (VAN) (€);
 - Tempo di ritorno Semplice (TR) (anni).
- Ambientali: Tonnellate di CO₂ evitate annualmente (ton/anno).
-

Tabella 10.2 – Analisi multicriterio degli interventi migliorativi

INTERVENTO	Criterio Energetico	Criterio Ambientale	Criterio Economico				Risultato complessivo
	Risparmio energia primaria	CO ₂ risparmiata	TIR	IP	TR	VAN	
	kWh/anno	Ton/anno	%	-	anni	€	
EEM 1*	32.494,33	7,32	1,4%	-0,18	23,62	-25.279,48	-
EEM 2*	7.549,19	2,38	1,3%	-0,19	23,82	-8.607,20	-
EEM 3*	64.003,99	12,66	-0,8%	-0,32	32,25	-99.824,26	-
EEM 4	41.028,20	8,46	52,8%	4,19	1,72	151.094,59	0,53
EEM 5*	23.304,02	6,45	-2,7%	-0,20	8,75	-9.394,99	-
EEM 6	28.883,85	11,28	5,6%	0,14	11,58	8.197,95	0,07
SCN1	69.583,83	14,11	11,7%	0,43	6,39	79.224,31	0,31
SCN2	103.062,84	24,05	5,0%	0,07	13,09	30.171,00	0,52

PESO	20%	30%	5%	30%	5%	10%
-------------	-----	-----	----	-----	----	-----

*L'intervento risulta escludibile dall'analisi in quanto caratterizzato da parametri economici negativi e quindi non applicabile.

Nel risultato complessivo compare la somma di tutti gli indicatori riportati in tabella parametrizzati rispetto ai fattori peso indicati e pesati tra di loro per poterli confrontare; maggiore è il risultato complessivo migliore complessivamente è l'intervento rispetto a quelli proposti.

L'analisi multicriterio dimostra che l'EEM4 risulta essere l'intervento migliore tra quelli proposti, seguito dall'SCN2 e dall'SCN1.

In generale l'analisi multicriterio mette in luce anche il fatto che un maggior investimento non determina per forza un miglioramento dei parametri energetici, ambientali ed economici; infatti il risultato complessivo mostra che l'interazione di questi parametri può portare un intervento a basso investimento ad essere migliore di uno ad investimento maggiore.

10.2.2 Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi

e suddette opportunità di miglioramento verranno attuate attraverso la stipula di Contratti a garanzia di risultato (EPC) con ESCO a seguito dell'aggiudicazione di Gare d'Appalto dedicate.

I piani di misura e verifica dei risparmi sono uno strumento fondamentale nei contratti EPC per monitorare nel tempo il risparmio energetico conseguito grazie agli interventi di efficientamento, in base al quale si valuta il raggiungimento degli obiettivi garantiti dal contratto.

L'obiettivo principale del monitoraggio è quello di avere un feedback obiettivo sui risultati ottenuti. In particolare la raccolta dei dati deve servire per:

- valutare l'efficacia e l'efficienza dell'uso delle risorse investite per raggiungere l'obiettivo dell'iniziativa;
- garantire la corretta gestione del Contratto stipulato con la ESCO. I dati utilizzati per calcolare i pagamenti devono essere veritieri e garantire, trasparenza e tracciabilità;
- come esempio per replicare l'iniziativa e dimostrarne l'efficacia.

Il Sistema di Monitoraggio e Verifica delle Prestazioni prevede:

- la programmazione periodica delle attività di controllo;
- la compilazione periodica di un report di Monitoraggio;
- la predisposizione di un report stagionale con i risultati delle prestazioni per il periodo di riferimento;
- la messa a disposizione delle informazioni e dei report raccolti e archiviati.

Il report annuale di monitoraggio dovrà contenere gli elementi seguenti:

- l'andamento dei consumi stagionali, in termini sia energetici sia monetari rilevati di energia termica;
- l'andamento dei consumi stagionali in termini sia energetici sia monetari rilevati di energia elettrica;
- i prezzi di riferimento per la stagione;
- la descrizione di eventuali variazioni climatiche;
- la descrizione di eventuali variazioni delle modalità d'uso degli edifici;
- la descrizione di eventuali variazioni delle caratteristiche di base degli edifici;
- il risparmio energetico garantito ed effettivo e gli eventuali scostamenti;
- la descrizione delle esperienze operative acquisite.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Il presente report di Diagnosi Energetica può ritenersi un documento tecnico propedeutico all’eventuale redazione di Energy Performance Contract (EPC) volti all’implementazione degli interventi di riqualificazione del patrimonio edilizio della Committenza.



ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Allegato A - Elenco documentazione fornita dalla committenza	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoA.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Contesto geografico e urbano e zone termiche	Contesto geografico	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoB-Zone termiche e contatori.dwg
Analisi fatture dell’energia elettrica	Analisi fatture EE	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia elettrica.xlsx
Analisi fatture dell’energia termica	Analisi fatture GAS	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia termica.xlsx
Riepilogo dati fatture rilevati dall’auditor	Dati consumi termici ed elettrici	07/06/18	kyotoBaseline-E692_rev10.xlsx

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C – Report di indagine termografica	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoC.docx



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Non sono stati eseguiti ulteriori report relativi a prove diagnostiche strumentali della termoflussimetria in quanto non ritenuti significativi viste le caratteristiche dell’edificio individualizzate in fase di rilievo e di elaborazione del report di diagnosi energetiche.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo, fabbisogno di energia e diagnosi energetica rilasciati dal software	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoE.pdf



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di conformità Namirial Termo	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-Allegato F.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoG-APE.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3._E692_revA-Allegato H-APE SCN1.pdf
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3._E692_revA-Allegato H-APE SCN2.pdf

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
Dati climatici		07/06/18	GG_Lotto.3-E692_revB.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Scheda Audit	07/06/18	DE_Lotto3-E692_revB_AllegatoJ-Scheda audit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Scheda ORE_isolamento pareti esterne	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM1.pdf
Scheda ORE_isolamento sottotetto	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM2.pdf
Scheda ORE_sostituzione infissi	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3.pdf
Scheda ORE_sostituzione caldaie	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM4.pdf
Scheda ORE_valvole termostatiche.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3&EEM4.pdf
Scheda ORE_lampade led.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM5.pdf
Scheda ORE_installazione impianto fv.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM6.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi economica finanziaria degli scenari SCN1 e SCN2	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_rev06-AllegatoL-Analisi PEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchamark	07/06/18	DE_Lotto.3-E692_revB-AllegatoM-Benchmark.docx



ALLEGATO N – CD-ROM

