

**Scuola materna ed elementare “L. ARIOSTO”
E1148
VIA L. ARIOSTO 1**

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



Luglio/2018

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



CASaA
architetti

Scuola materna ed elementare “L. ARIOSTO” E1148

VIA L. ARIOSTO 1

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

CASa Associati

Via Cetto Ciglia 54 – 65128 – Pescara

Tel: 085 4311109 – 349 5394754 – info@casaassociati.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[A]	[16/04/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Prima emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[B]	[22/05/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Seconda emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[C]	[19/06/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Terza emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[D]	[27/07/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Pubblicazione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			

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

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

INDICE

PAGINA

INDICE.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	21
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	22
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	25
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	25
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	26
5 CONSUMI RILEVATI	28
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	28
5.1.1 <i>Energia termica</i>	28
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	35
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	39
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	39
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	40
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	41
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	42
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	43
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	45
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	45
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	45
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	49
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	52
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	53



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 riscaldamento.....</i>	59
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	62
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	63
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	64
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	64
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	66
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	73
9.3.1	<i>Scenario 1: ISOLAMENTO COPERTURA VALVOLE E SCALDACQUA.....</i>	75
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO VALVOLE E SCALDACQUA</i>	80
10	CONCLUSIONI	85
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	85
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	85
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	86
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	A
	ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA.....	A
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	A
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	A
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	A
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	B
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	B
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	B
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	B
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	B
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	B
	ALLEGATO N – CD-ROM	B

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1910
Anno di ristrutturazione		2004-2005 rifacimento facciata e sostituzione infissi 2010 adeguamento antincendio
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.446
Superficie disperdente (S)	[m ²]	7.648
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	21.801
Rapporto S/V	[1/m]	0,35
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.870
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.870
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore modulare a gas a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	790
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	40,807
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rit} /anno]	166.406
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	13.174
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{rei} /anno]	53.344
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	10.137

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): Per il riscaldamento, limitatamente all'anno 2014, il valore di Baseline tiene conto anche di 28.500 litri di gasolio

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento termico a cappotto interno;
- EEM 2: Isolamento all'intradosso del solaio di copertura;
- EEM 3: Installazione di valvole termostatiche;
- EEM 4: Installazione di scaldacqua a pompa di calore;

- SCN1: COPERTURA E IMPIANTI (EEM2+3+4);
- SCN2: INVOLUCRO E IMPIANTI (EEM1+2+3+4).

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}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	23,9	23,9	5.489	-	-	216.080	19,6	33,1	30	-20.625	2,7	-0,10	-	-
EEM 2	10,1	10,1	2.328	-	-	46.180	10,6	15,7	30	14.317	7,5	0,31	-	-
EEM 3	13,8	13,8	3.173	-	-	7.695	2,5	2,5	15	23.213	37,3	3,02	-	-
EEM 4	16,1	16,1	3.842	-	-	7.310	1,9	2,0	15	30.465	48,7	4,17	-	-
SCN 1	38,5	38,5	8.986	-	-	64.263	2,08	2,34	-	13.725	54,97	21,36	1,336	0,89
SCN 2	56,1	56,1	13.068	-	-	277.265	14,7	3,25	-	4.554	5,87	1,64	1,008	0,60

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

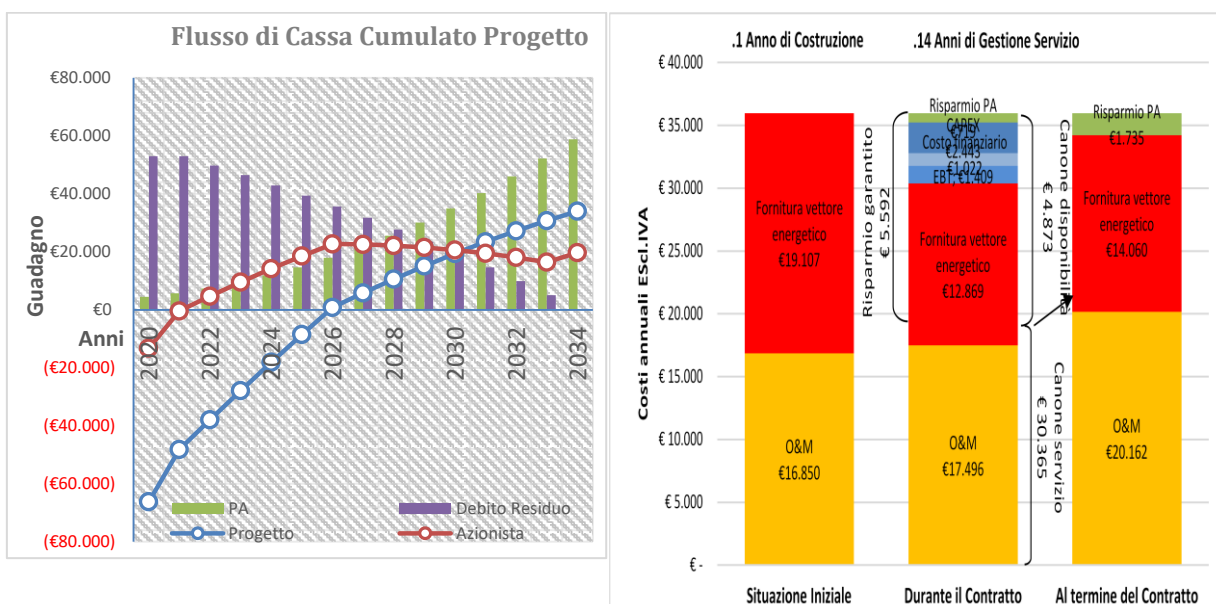
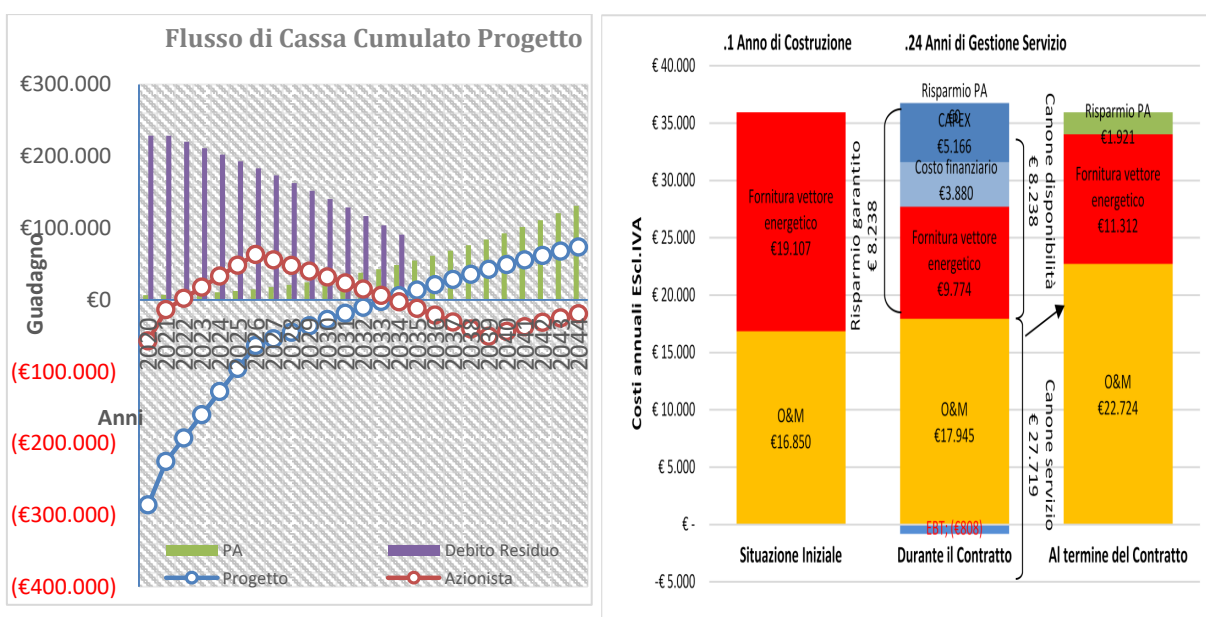


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall'analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire **un miglioramento energetico in condizioni standard di quattro classi energetiche, ed in particolare per l'edificio in esame dalla G alla C**, attraverso lo scenario proposto numero 2 secondo le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità rilevate dal punto di vista edilizio ed impiantistico.

Lo scenario numero 2 seppur rappresenti quello con il miglior risultato in termini di efficientamento energetico, si precisa che sarebbe allo stesso tempo poco appetibile per una ESCO.

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 32.974 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, **sarebbe possibile risparmiare 169.937 kWh**.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata su via Botticelli



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 paramento 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 CASa Associati, il cui responsabile per il processo di audit è l'arch. Carmela Palmieri, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

In Tabella 1.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

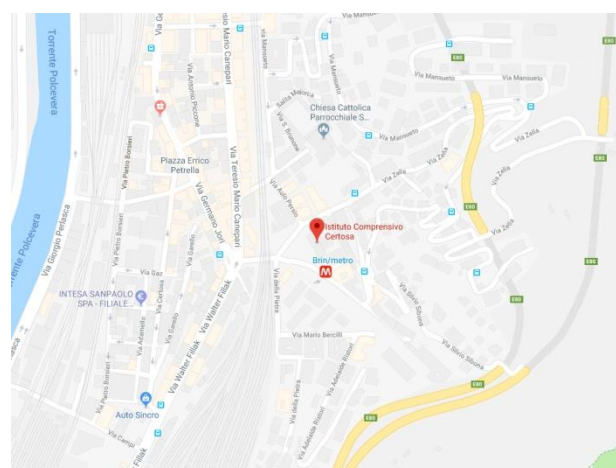
Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carmela Palmieri Marco Santomauro Fabio Armillotta Pierluigi Fecondo Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Sopralluogo in sito
Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Roberta Campanella		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Fabio Armillotta		Prove strumentali: Termografie ed endoscopie
Marco Santomauro	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Pierluigi Fecondo	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Carmela Palmieri	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sezione RIV, F. 36 Mapp. 324, è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Certosa, una frazione del quartiere genovese di Rivarolo, nella bassa val Polcevera. Nella ripartizione amministrativa del comune di Genova in vigore dal 2005 è compresa come "unità urbanistica" di Rivarolo del Municipio V – Valpolcevera. L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola dell'infanzia e a scuola primaria.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1910
Anno di ristrutturazione		2004-2005 rifacimento facciata e sostituzione infissi

2010 adeguamento antincendio		
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.446
Superficie disperdente (S)	[m ²]	7.648
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	21.801
Rapporto S/V	[1/m]	0,35
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.870
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	-
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	3.870
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	Generatore modulare a gas a condensazione
Tipologia generatore riscaldamento		790
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	-
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Gas metano
Tipo di combustibile		Boiler Elettrici
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		40,807
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	166.403
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	13.174
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	53.344
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	10.137
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.446

Nota (1): Valori di Baseline

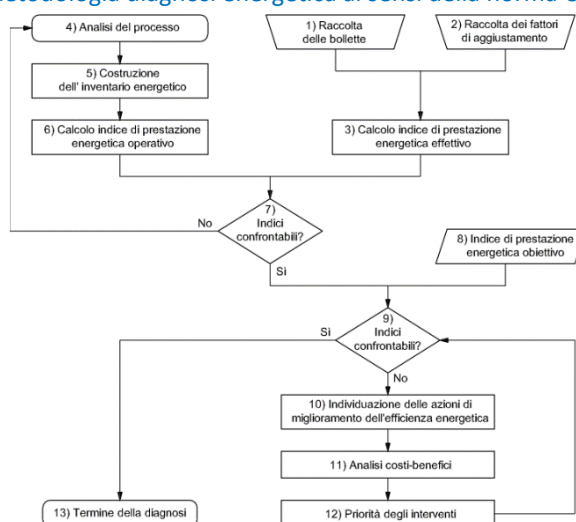
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 grafici.
- 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 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 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;

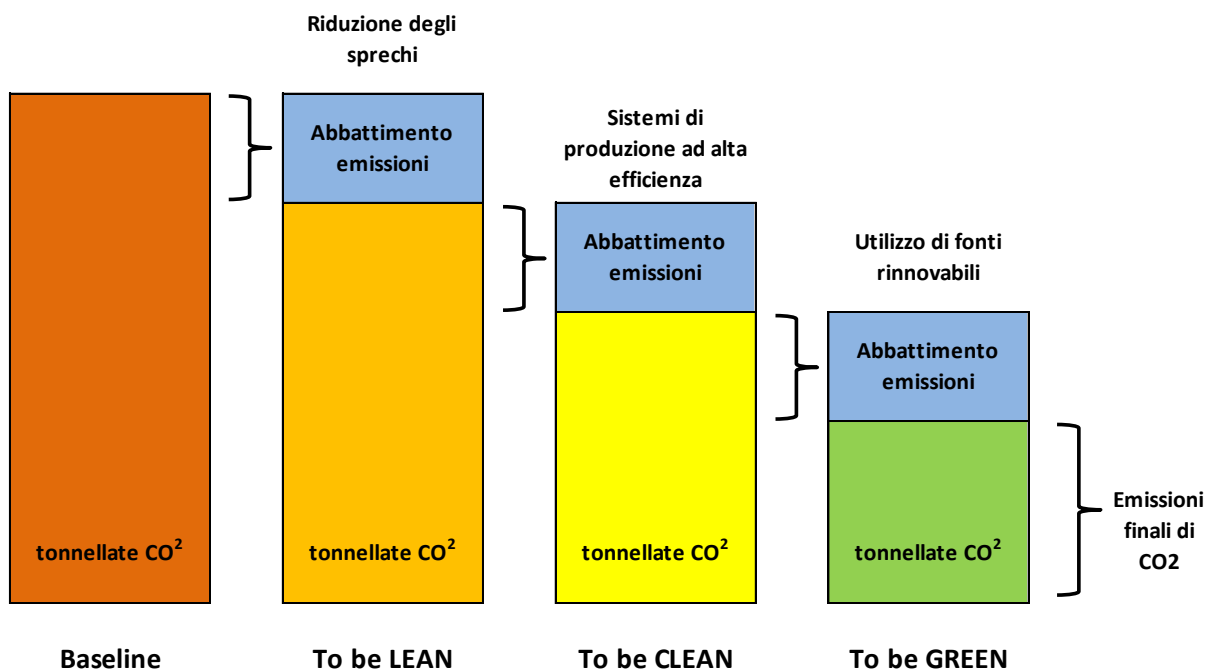
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell’Università di Genova e riportati all’Allegato I – Dati Climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO_2) 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 inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di 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 energetico primario.

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

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

L’ipotesi di intervenire al fine di migliorare l’efficienza energetica dell’asilo è volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, e rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all’interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di interesse socio-culturale, poiché trattandosi di una struttura scolastica, sarebbe utile alla sensibilizzazione degli utenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L’edificio comprende la scuola primaria con 20 classi (431 alunni) e la scuola dell’infanzia con 8 sezioni (200 bambini), entrambe facenti parte della struttura dell’Istituto Comprensivo Certosa. Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 531 bambini, oltre a maestre e collaboratrici scolastiche. Inoltre, è importante evidenziare come, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, l’efficientamento dell’edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L’edificio, ospitante la scuola primaria oggetto della DE, è disposto su cinque livelli principali: al piano seminterrato ci sono gli ambienti in disuso della cucina e del refettorio con i vari ambienti accessori (dispensa e magazzini) e la centrale termica; al piano terra ci sono l’atrio di ingresso, i refettori, le aule e i servizi igienici; al primo, secondo e terzo ci sono le aule, i laboratori e i servizi igienici della scuola primaria. Al piano primo è presente anche l’ex casa del custode, attualmente in disuso.

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 grafici.

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

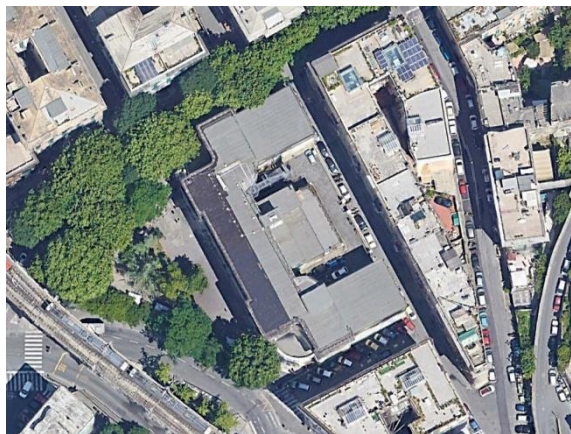


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Magazzini, refettorio, corridoi, scale	[m ²]	556	233	-
Terra	Uffici, Aule, Scale, refettorio, mensa, spogliatoio	[m ²]	967	963	-
Primo	Aule, medicheria, corridoi, scale, casa del custode	[m ²]	907	823	-
Secondo	Aule, corridoi, scale	[m ²]	877	877	-
Terzo	Aule, corridoi, scale	[m ²]	542	542	-
Quarto	Centrale idrica	[m ²]	21	8	-
TOTALE		[m ²]	3.870	3.446	-

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, localizzato a Certosa, è del 1910 e rappresenta un notevole esempio di architettura dei primi del 900. L'edificio è sottoposto a verifica di interesse culturale ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. n.42 del 22 gennaio 2004.

Pertanto, seppure l'edificio non sia ancora stato riconosciuto bene di interesse Storico ed Artistico nell'analisi delle EEM si è ritenuto utile l'identificazione delle possibili interferenze con le caratteristiche architettoniche e storico-artistiche dell'edificio.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Cappotto interno	[Storico – Artistico]		[Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici]
EEM 2: Isolamento copertura	[Storico – Artistico]		[Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici]
EEM 3: Installazione di valvole termostatiche	[Storico – Artistico]		
EEM 4: Scaldacqua a pompa di calore	[Storico – Artistico]		

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con le caratteristiche architettoniche e storico-artistiche dell'edificio.

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

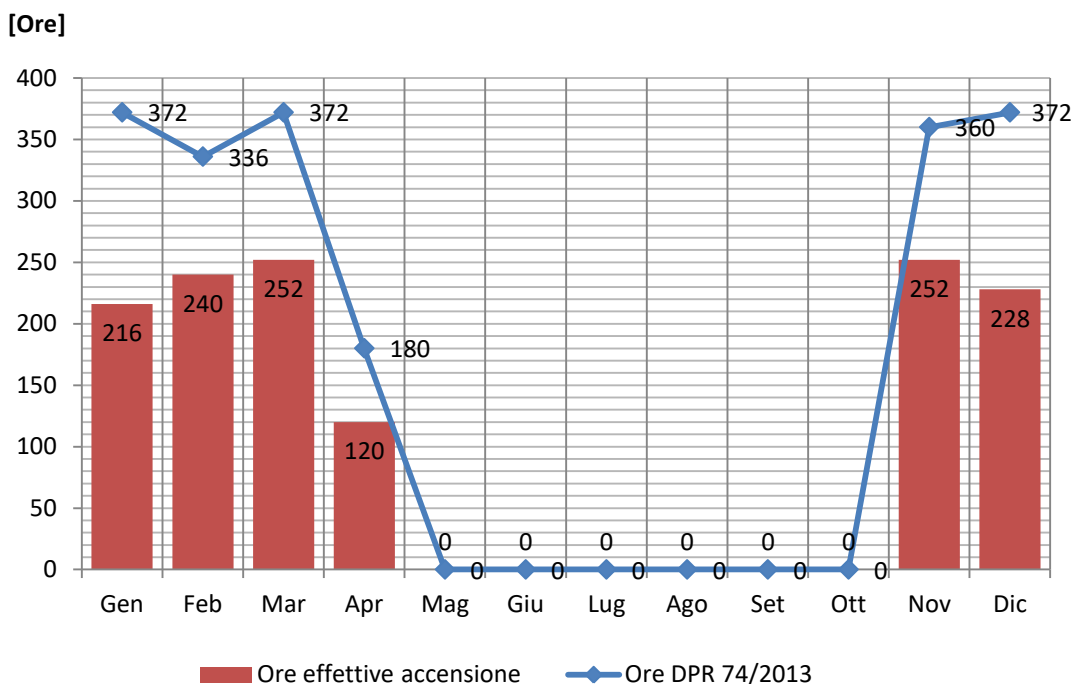
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 14 Settembre al 31 Ottobre	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	6.00 – 18.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 01 Luglio al 13 Settembre	tutti i giorni	chiuso	spento

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle attività dell’asilo, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura pertanto un’ora prima dell’arrivo dei bambini ed un’ora dopo l’edificio è occupato dal personale scolastico. L’impianto inoltre si accende un’ora prima dell’arrivo del personale.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 905 GG su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016	GIORNI RISCALDAMENTO	GG	GIORNI DI UTILIZZO	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Mese		[°C]	[g/m]		[g/m]	[g/m]		
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21,22%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21,00%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20,66%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	52	5,72%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	14	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14,81%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16,58%
TOTALE	365	16,7	166	1421	212	111	905	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

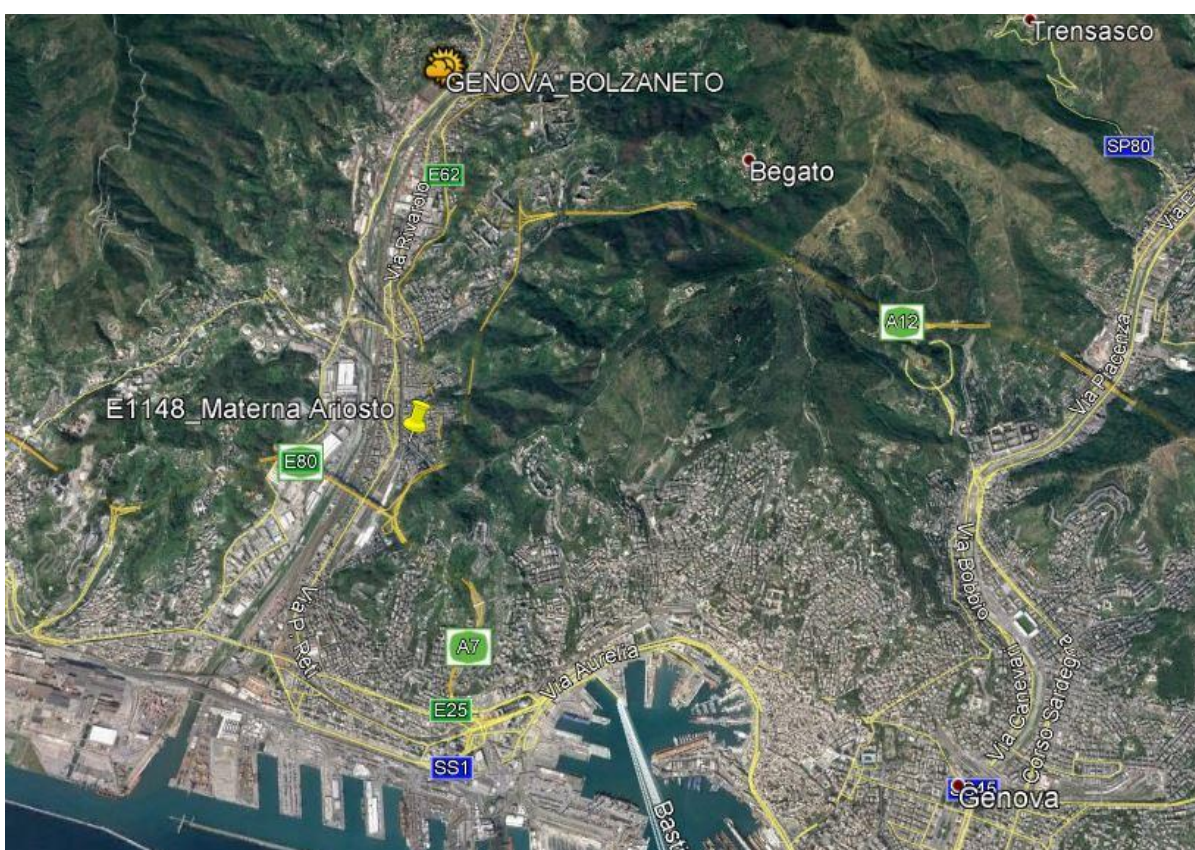
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA-BOLZANETO (Long. 8° 53’ 44.196” – Lat. 44° 27’ 19.08” – Altezza sul livello del mare 47m).

In mancanza di specifiche tecniche relative alla tipologia di centralina climatica, si riporta di seguito il link di riferimento da cui sono stati estrapolati i dati climatici utilizzati per il calcolo dei gradi giorno: <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp>.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è l’unica disponibile e fornita dalla PA per l’edificio oggetto della presente DE.

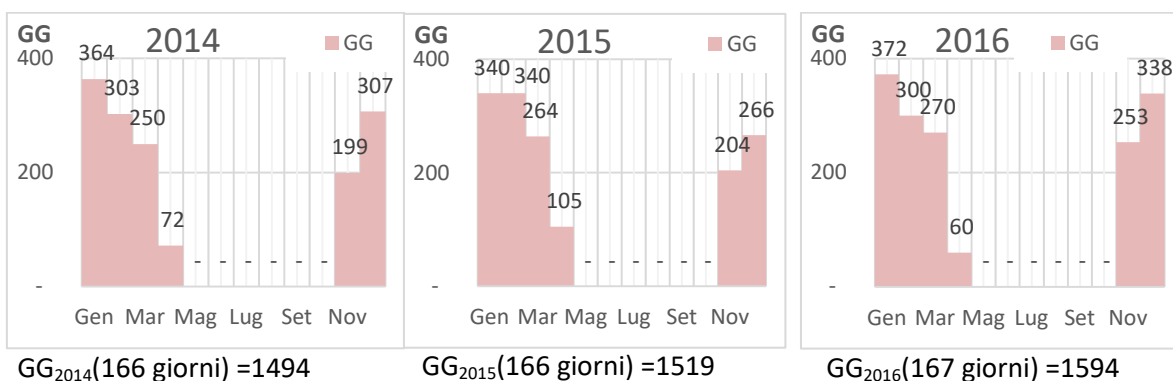
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

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

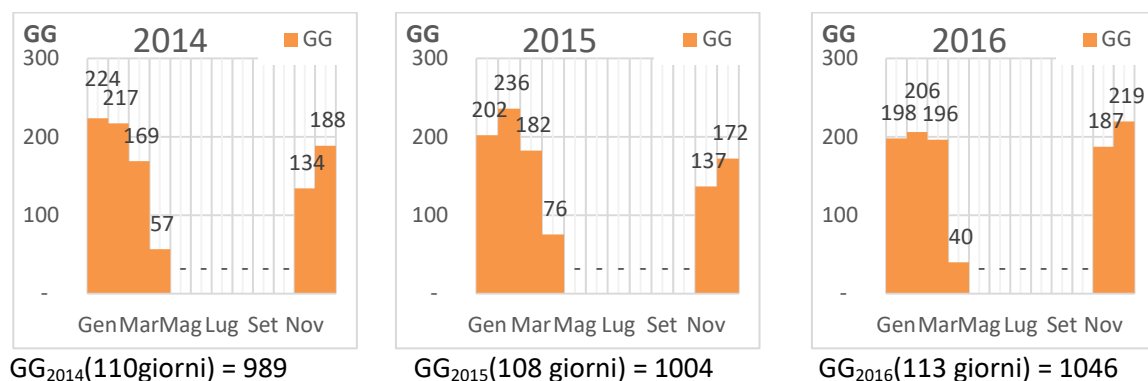


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1013 GG calcolati su 110 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 5.1.1.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG evidenzia l'innalzamento medio delle temperature esterne per il sito di riferimento e dunque la necessità di normalizzare i dati di consumo energetico.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura portante in pietrame misto con spessori decrescenti dal basso verso l'alto, che vanno da 90 a 40 cm. La muratura è intonacata su entrambi i lati e, ad ogni piano è uguale su tutti i fronti dell'edificio. Sono presenti nicchie sottofinestra all'interno delle quali sono alloggiati i radiatori.

Il solaio di copertura è del tipo piano realizzato in cemento armato, come i solai interpiano che sono completati con un controsoffitto. Al momento del sopralluogo alcune aule secondo e terzo piano erano privi di controsoffitto.

Figura 4.1 - Particolare della muratura esterna



Figura 4.2 - Particolare del solaio in alcune aule privo di controsoffitto



Questa soluzione realizzativa non presenta problematiche particolari, se non un eccessivo surriscaldamento nel periodo estivo, dovuto soprattutto all'ampia superficie finestrata priva di schermature solati.

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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termocamera ai sensi della norma UNI EN 13187: 2000 "Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all'infrarosso".
- Indagine endoscopica delle strutture a eseguito tramite videoendoscopio flessibile Eumig-6200, Monitor Type Boroscope.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni dell'involucro edilizio in corrispondenza dei ponti termici geometrici della struttura;
- Dispersioni dell'involucro edilizio in corrispondenza delle zone sottofinestra.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte sud in via Botticelli



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all’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 [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ₂ K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio interpiano	SL01	[29,0]	[assente]	[2,19]	[discreto]
Solaio Copertura	SL04	[32,4]	[assente]	[2,03]	[mediocre]
Solaio controterra	SL13	[34,5]	[assente]	[2,02]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR01]	[60]	[assente]	[2,008]	[buono]
Parete esterna	[MR02]	[55]	[assente]	[2,11]	[buono]
Parete esterna	[MR03]	[50]	[assente]	[2,25]	[buono]
Parete esterna	[MR04]	[45]	[assente]	[2,40]	[buono]
Parete esterna	[MR05]	[40]	[assente]	[2,57]	[buono]
Parete esterna	[MR08]	[30]	[assente]	[2,98]	[buono]
Parete esterna	[MR09]	[90]	[assente]	[2,01]	[buono]
Parete esterna	[MR10]	[74]	[assente]	[2,01]	[buono]

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti in alluminio con vetrocamera da 1 cm circa installati nel 2005. Tutti gli infissi dei prospetti principali non presentano un sistema di schermatura esterno. In alcuni casi, per la tipologia a doppia anta semplice, sono presenti delle persiane. In tutte le aule sono presenti tende interne bianche.

Gli infissi, in generale, sono in buone condizioni e non presentano particolari problematiche di tenuta all’aria e all’acqua.

La tipologia ricorrente su tutti i fronti è quella a cinque ante con sopra luce.

Il portone di ingresso principale è in legno.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



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

- Rilievo termografico eseguito sensi della norma UNI EN 13187:2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all’infrarosso”.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni termiche in corrispondenza dell’attacco parete-serramento;
- Dispersioni termiche di telaio e vetro.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti al piano secondo e terzo sul fronte principale



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 a quattro ante (SS)	WN01	[4.00x1.20]	alluminio	vetrocamera	2,90	buono
Serramento ad un’anta (SS)	WN02	[2.10x1.30]	alluminio	vetrocamera	2,86	buono
Serramento a due ante con sopra luce	WN03	[1.70x2.60]	alluminio	vetrocamera	2,89	buono
Serramento ad un’anta (WC)	WN04	[0.85x2.00]	alluminio	vetrocamera	2,89	buono
Serramento a quattro ante con sopra luce	WN05	[4.80x2.50]	alluminio	vetrocamera	2,91	buono
Serramento a cinque ante con sopra luce	WN06	[5.80x2.50]	alluminio	vetrocamera	2,92	buono
Serramento a due ante con sopra luce	WN07	[2.40x3.50]	alluminio	vetrocamera	2,92	buono
Serramento a due ante	WN09	[1.40x1.90]	alluminio	vetrocamera	2,90	buono
Serramento a quattro ante con sopra luce	WN10	[4.50x2.00]	alluminio	vetrocamera	2,89	buono
Serramento a sei ante con sopra luce	WN12	[4.80x2.50]	alluminio	vetrocamera	2,93	buono
Serramento ad un’anta	WN14	[0.75x1.90]	alluminio	vetrocamera	2,88	buono
Serramento porta a due ante con sopra luce	WN15	[1.70x2.60]	alluminio	vetrocamera	2,93	buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua. La generazione del calore avviene attraverso un gruppo termico modulare a condensazione posto in copertura all'edificio. La distribuzione è di tipo a colonne montanti mentre l'emissione del calore avviene attraverso radiatori.

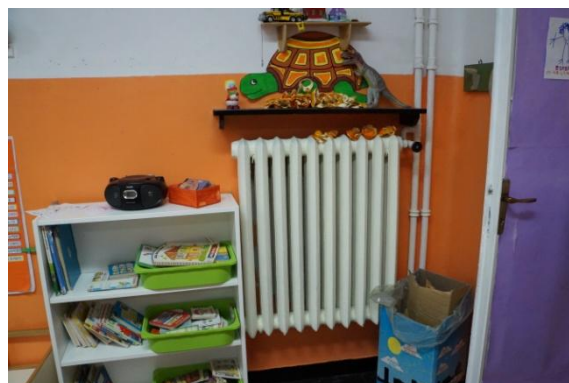
4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Radiatori su parete interna.

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori non erano in funzione.

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori installati all'interno di un'aula



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola Materna	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
	Radiatori su parete interna	93%
Scuola Elementare	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
	Radiatori su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Seminterrato	Su parete esterna non isolata	7	2,70	18,90	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	2	2,83	5,66	-	-
	Su parete interna	4	0,66	2,64	-	-
	Su parete interna	1	0,82	0,82	-	-
	Su parete interna	1	1,46	1,46	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	2,30	4,60	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,23	1,23	-	-
	Su parete interna	1	2,15	2,15	-	-
	Su parete interna	3	1,22	3,66	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	1,62	6,48	-	-
	Su parete interna	4	0,82	3,28	-	-



	Su parete interna	1	0,68	0,68	-	-
	Su parete interna	1	0,79	0,79	-	-
	Su parete interna	1	1,64	1,64	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	0,71	1,42	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,61	3,22	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	2,46	9,84	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,36	1,36	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	4,19	4,19	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,99	3,98	-	-
	Su parete interna	2	0,96	1,92	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,19	2,38	-	-
	Su parete interna	1	1,19	1,19	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,34	1,34	-	-
	Su parete interna	1	3,51	3,51	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	3,51	3,51	-	-
	Su parete interna	2	1,34	2,68	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	2,83	5,66	-	-
	Su parete interna	2	0,96	1,92	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	2,10	8,40	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,44	1,44	-	-
	Su parete interna	1	2,33	2,33	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,15	2,15	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,14	2,28	-	-
	Su parete interna	3	0,68	2,04	-	-
	Su parete interna	3	0,82	2,46	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,61	1,61	-	-
	Su parete interna	3	1,36	4,08	-	-
	Su parete interna	2	0,56	1,12	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,48	1,48	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,60	1,60	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,62	0,62	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,46	2,46	-	-
	Su parete interna	1	1,89	1,89	-	-
	Su parete interna	1	1,19	1,19	-	-
	Su parete interna	1	1,36	1,36	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,79	1,79	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,89	1,89	-	-
	Su parete interna	1	1,80	1,80	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	3,58	3,58	-	-
	Su parete interna	1	0,62	0,62	-	-
	Su parete esterna	1	2,3	2,3	-	-

	non isolata					
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	2,7	2,7	-	-
	Su parete interna	1	2,31	2,31	-	-
	Su parete interna	1	1,44	1,44	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,87	0,87	-	-
	Su parete interna	1	1,23	1,23	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,97	1,97	-	-
	Su parete interna	2	1,58	3,16	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,48	1,48	-	-
	Su parete interna	1	2,15	2,15	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,15	2,15	-	-
	Su parete interna	1	1,22	1,22	-	-
	Su parete esterna non isolata	5	1,08	5,4	-	-
	Su parete interna	4	0,82	3,28	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,58	1,58	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	2,97	5,94	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,85	1,85	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	2,83	5,66	-	-
	Su parete interna	1	1,34	1,34	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	3,05	3,05	-	-
	Su parete interna	2	1,62	3,24	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,49	2,49	-	-
	Su parete interna	1	1,08	1,08	-	-
	Su parete interna	1	1,92	1,92	-	-
	Su parete interna	2	2,18	4,36	-	-
	Su parete interna	1	3,05	3,05	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,44	1,44	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,76	0,76	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	6,15	6,15	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	1,60	1,60	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,69	1,69	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,44	1,44	-	-
	Su parete interna	2	2,51	5,02	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	2,97	8,91	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,19	1,19	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	6,32	6,32	-	-
	Su parete interna	1	1,58	1,58	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	3,08	9,24	-	-
	Su parete interna	3	1,46	4,38	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	5,96	5,96	-	-

Su parete interna	1	1,58	1,58	-	-
Su parete esterna non isolata	1	2,49	2,49	-	-
Su parete interna	1	1,08	1,08	-	-
TOTALE	154	-	278,35	-	-

Nota(1): La potenza dei terminali di emissione è stata calcolata sulla base di quanto fornito dalla P.A. e verificata in sede di sopralluogo.

Nota(2): La differenza di temperatura tra i terminali di emissione e ambiente non è nota in quanto in sede di sopralluogo i radiatori non erano in funzione.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata per funzionare dalle 6:00 alle 18:00 dal lunedì al venerdì.

Non sono presenti dei termostati ambiente a servizio del funzionamento dei radiatori.

Si sottolinea che in sede di sopralluogo non è stato possibile accedere al blocco esterno contenente il generatore di calore. In mancanza di libretto d'impianto non sono state rilevate ulteriori informazioni in merito al sottosistema di regolazione.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per le zona termica Scuola Materna

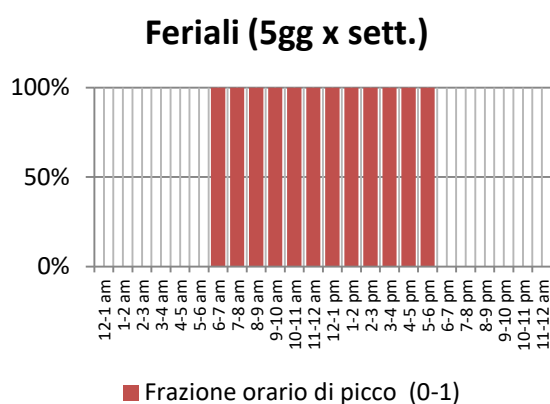
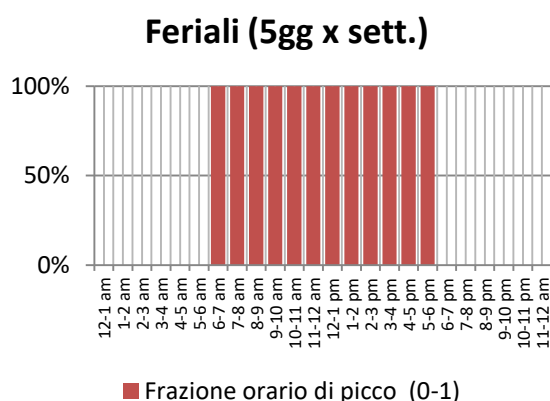


Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Scuola Elementare



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola Materna	Solo Climatica/Centralizzata-Modulante	87%
Scuola Elementare	Solo Climatica/Centralizzata-Modulante	87%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito di riscaldamento di collegamento tra il generatore di calore in copertura ed i terminali di emissione.

1) **Circuito di riscaldamento:** sono presenti sette circolatori interni per il collegamento tra il generatore di calore ed i terminali di emissione.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito di riscaldamento

NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito di riscaldamento P1	Distribuzione fluido termovettore a radiatori	n.d.	n.d.	0,220 (1)
Circuito di riscaldamento P2	Distribuzione fluido termovettore a radiatori	n.d.	n.d.	0,220 (1)
Circuito di riscaldamento P3	Distribuzione fluido termovettore a radiatori	n.d.	n.d.	0,220 (1)
Circuito di riscaldamento P4	Distribuzione fluido termovettore a radiatori	n.d.	n.d.	0,220 (1)
Circuito di riscaldamento P5	Distribuzione fluido termovettore a radiatori	n.d.	n.d.	0,220 (1)
Circuito di riscaldamento P6	Distribuzione fluido termovettore a radiatori	n.d.	n.d.	0,220 (1)
Circuito di riscaldamento P7	Distribuzione fluido termovettore a radiatori	n.d.	n.d.	0,220 (1)
TOTALE		n.d.	n.d.	1,540 (1)

Nota (1): Valori ricavati dalla scheda tecnica del produttore.

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

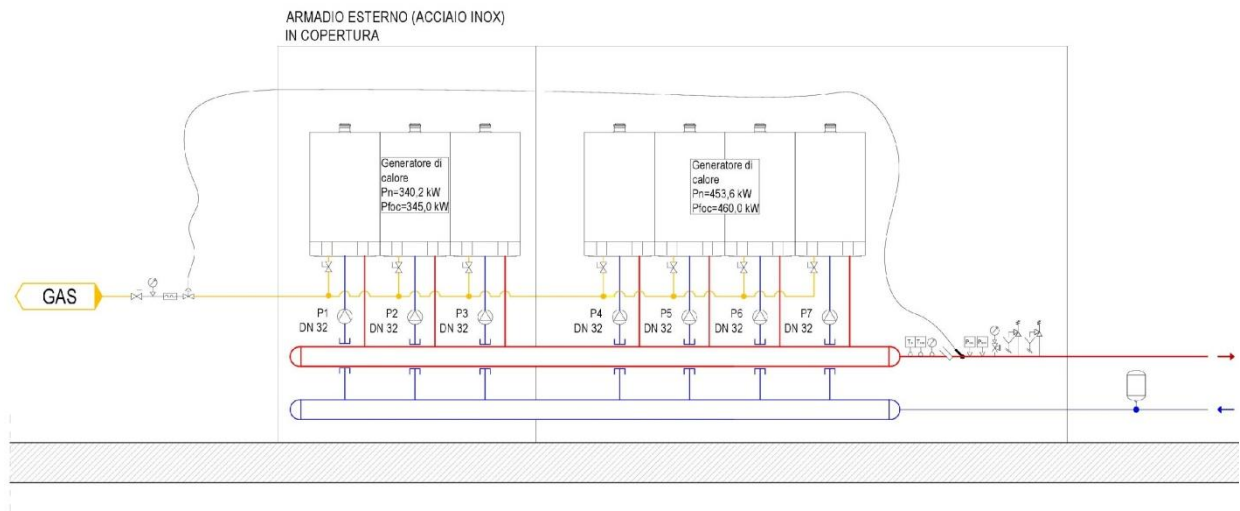
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito di riscaldamento

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Unità Polivalente 1	Mandata	Caldo	n.d. (2)	70 (1)
	Ritorno	Caldo	n.d. (2)	60 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Al momento del sopralluogo il generatore non era in funzione e non era accessibile.

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89.66%. Tale rendimento è stato calcolato mediante il metodo previsto dalle norme UNI/TS 11300-2 prospetti 21-23.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da due armadi tecnici in acciaio inox contenenti sette moduli termici a condensazione con potenza pari a 115 kW cadauno.

I due armadi sono di produzione Riello, modelli:

- Condexa Pro3 Ext 345 con potenza al focolare massima pari a 345,0 kW, potenza nominale pari a 340,2 kW.
- Condexa Pro3 Ext 460 con potenza al focolare massima pari a 460,0 kW, potenza nominale pari a 453,6 kW.

Figura 4.10 - Particolare del generatore di calore installato in copertura



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	RIELLO	Condexa Pro3 Ext 345	n.d.	345,0 (1)	340,2 (1)	98,6% (1)	0,90 (1)
Gen 2 Riscaldamento	RIELLO	Condexa Pro3 Ext 460	n.d.	460,0 (1)	453,6 (1)	98,6% (1)	1,20 (1)

Nota (1): Valori desunti dalla scheda tecnica del produttore.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 94%.

Il rendimento del generatore di calore è stato assunto pari a 98,6% in base a quanto rilevato sulle schede tecniche fornite dal produttore.

Si sottolinea che in sede di sopralluogo, in mancanza del libretto di impianto, non è stato possibile rilevare i dati inerenti le 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 dell'Allegato J – Schede di Audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

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

La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso degli studenti personale della scuola. Il numero complessivo di boiler elettrici installati e rilevati in sede di sopralluogo è pari a 4.



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100% (1)	93% (1)	- (2)	- (2)	75% (1)	70% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2) Sottosistema non presente.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]
Scuola Elementare	Pompa WC	1	480	480	400
	PC	16	220	3.520	1.000
	LIM	4	340	1.360	400
	Stampante multifunzione	1	300	300	500
	Stampante	1	80	80	400
	Distributore automatico cibi e bevande	1	500	500	5520
	Distributore caffè	1	1.350	1.350	200
	Congelatore	1	1.500	1.500	1.600
	Ascensore	1	18.400	18.400	200
Scuola Materna	TV+videoregistratore	1	250	250	400
	Scaldavivande	1	2.000	2.000	200

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade tubolari al neon.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'interno di un'aula

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencate:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna nelle aule e nei servizi igienici.



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]	[W]
Scuola Elementare	Tubolare	27	72(2x36)	1.944
	Tubolare	28	36(1x36)	1.008
	Tubolare	3	36(2x18)	108
	Tubolare	1	58(1x58)	58
	Tubolare	71	116(2x58)	8.236
	Tubolare	45	72(4x18)	3.240
	Tubolare	2	18(1x18)	36
	Tubolare di emergenza	8	18(1x18)	144
	Scuola Materna	Tubolare	10	72(2x36)
Tubolare		66	116(2x58)	7.656
Tubolare		2	58(1x58)	116

Tubolare	1	36(1x36)	36
Tubolare di emergenza	1	18(1x18)	18

L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell'Allegato J – Schede di Audit.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel refettorio



Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'interno di un'aula



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;

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano; per un periodo del 2014 il vettore utilizzato è stato il Gasolio.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm ³]	[kWh/Nm ³]	[Sm ³ /Nm ³]	[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 due contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

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

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base dei m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014			2015			2016		
		[Litri]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
16220050678070	Riscaldamento	-	28.500	15.004	11.965	287.551	141.335	112.710		
3270037370216	Usi cottura	654	-	550	436	6.160	5.183	4.107		

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

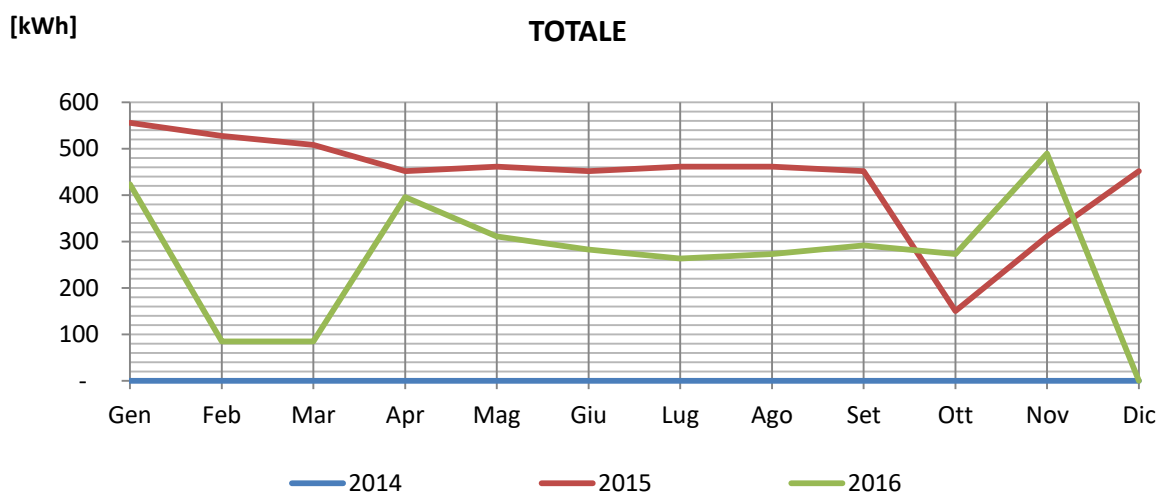
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 03270030199444	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	59	45	-	556	424
Febbraio	-	56	9	-	528	85
Marzo	-	54	9	-	509	85
Aprile	-	48	42	-	452	396
Maggio	-	49	33	-	462	311
Giugno	-	48	30	-	452	283
Luglio	-	49	28	-	462	264
Agosto	-	49	29	-	462	273
Settembre	-	48	31	-	452	292
Ottobre	-	16	29	-	151	273
Novembre	-	33	52	-	311	490
Dicembre	-	48	-	-	452	-
Totale	-	557	337	-	5 247	3 175

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo del triennio è caratterizzato da un andamento pressappoco costante durante l'anno in quanto il contatore preso in esame è a servizio della mensa scolastica e dunque non risente delle oscillazioni tipiche degli impianti di riscaldamento che invece in estate risultano spenti.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REALI}	GG ^{RIF}	CONSUMO REALE		CONSUMO REALE RISC.	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 905 GG	CONSUMO ACS	CONSUMO ALTRO
	SU 110 GIORNI	SU 110 GIORNI	[Smc]	[litri]					
2014	989	905	-	28.500	287 551	290,9	263 136	-	6.160
2015	1 004	905	15 004		141 378	140,8	127 403	-	5.183
2016	1 046	905	11 965		112 743	107,7	97 473	-	4.107
Media	1 013	905	8 990		180 557	178,2	161 253	-	5.150

Come si può notare dai dati riportati, limitatamente agli anni 2015 e 2016 che presentano lo stesso vettore energetico, il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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}_{ALTRO}	5.150
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	161.253
$Q_{baseline}$	166.403

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio del seguente utilizzo:

- Scuola materna ed elementare “Ludovico Ariosto”.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096790	Scuola “L.Ariosto”	46.796	50.634	50.342	49.257
TOTALE		46.796	50.634	50.342	VALORE MEDIO FATTURATO 49.257

Come si evince dalla Tabella 5.5 i consumi ricavati dall’analisi delle fatture, confrontati con i consumi annuali elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file “kyotoBaseline-EXXXX”, presentano alcune differenze come di seguito riassunto:

- Per il 2014 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 12% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 53.146 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 3% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 52.188 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell’8% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 54.697 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa l’8% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 53.344 kWh).

Considerando che lo scostamento fra il dato ottenuto a seguito dell’analisi della fatturazione e quello fornito dalla PA nel file “kyotoBaseline-EXXXX” è inferiore al 10%, si è deciso di utilizzare il dato fornito dalla PA per la validazione del modello energetico. Pertanto, si assume come valore di baseline 53.344 kWh.

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

POD: IT001E00096790	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	4.251	498	585	5.334
Feb - 14	4.117	495	541	5.153
Mar - 14	3.821	548	630	4.999
Apr - 14	2.949	442	579	3.970
Mag - 14	2.907	589	806	4.302
Giu - 14	2.191	421	574	3.186
Lug - 14	970	305	428	1.703
Ago - 14	457	239	401	1.097
Set - 14	2.035	401	449	2.885
Ott - 14	3.534	485	479	4.498
Nov - 14	3.619	468	633	4.720
Dic - 14	3.515	557	877	4.949
Totale	34.366	5.448	6.982	46.796
POD: IT001E00096790	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	4 057	660	844	5 561
Feb - 15	4 020	632	751	5 403
Mar - 15	4 094	628	854	5 576
Apr - 15	3 240	476	673	4 389
Mag - 15	2 963	550	813	4 326
Giu - 15	2 227	412	586	3 225
Lug - 15	969	347	524	1 840
Ago - 15	428	246	483	1 157
Set - 15	2 428	462	530	3 420
Ott - 15	4 233	567	550	5 350
Nov - 15	3 969	490	650	5 109
Dic - 15	4 101	506	671	5 278
Totale	36 729	5 976	7 929	50 634
POD: IT001E00096790	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	4 016	557	857	5 430
Feb - 16	4 335	551	692	5 578
Mar - 16	3 613	515	763	4 891
Apr - 16	3 308	622	876	4 806
Mag - 16	3 475	502	561	4 538
Giu - 16	2 081	379	481	2 941
Lug - 16	936	314	458	1 708
Ago - 16	819	283	468	1 570
Set - 16	2 211	456	480	3 147
Ott - 16	3 802	551	645	4 998
Nov - 16	4 417	577	739	5 733
Dic - 16	3 231	670	1 101	5 002
Totale	36 244	5 977	8 121	50 342

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 bis.

Tabella 5.8 – Consumi mensili fatturati

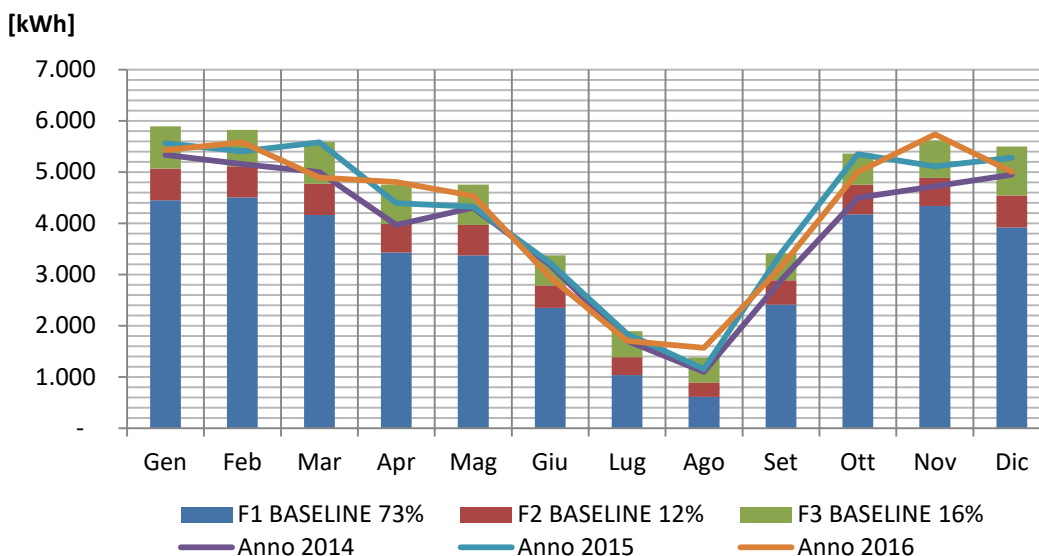
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.108	572	762	5.442
Febbraio	4.157	559	661	5.378
Marzo	3.843	564	749	5.155
Aprile	3.166	513	709	4.388
Maggio	3.115	547	727	4.389
Giugno	2.166	404	547	3.117
Luglio	958	322	470	1.750
Agosto	568	256	451	1.275
Settembre	2.225	440	486	3.151
Ottobre	3.856	534	558	4.949
Novembre	4.002	512	674	5.187
Dicembre	3.616	578	883	5.076
Totale	35.780	5.800	7.677	49.257

Tabella 5.8 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.449	619	825	5.893
Febbraio	4.502	606	716	5.824
Marzo	4.161	610	811	5.583
Aprile	3.428	556	768	4.752
Maggio	3.373	592	787	4.753
Giugno	2.346	438	592	3.376
Luglio	1.038	349	509	1.896
Agosto	615	277	488	1.380
Settembre	2.409	476	527	3.412
Ottobre	4.176	579	604	5.359
Novembre	4.334	554	730	5.618
Dicembre	3.916	626	956	5.497
Totale	38.748	6.282	8.314	53.344

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



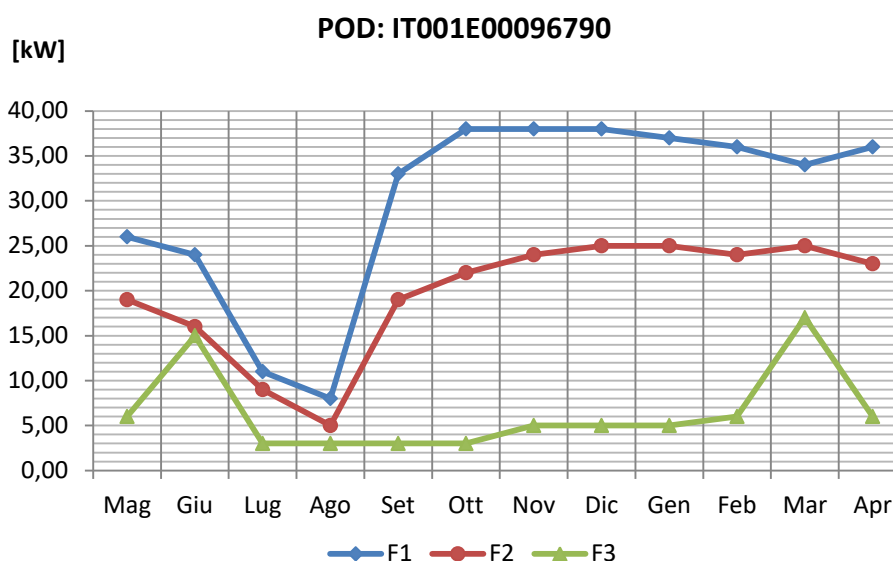
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con la destinazione d'uso e l'effettivo utilizzo dell'edificio.

I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.4 e dettagliatamente nella tabella 4.10, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e le stampanti lasciati in standby o i consumi residui dell'ascensore;
- Presenza di punti luce interni che rimangono accesi;
- Presenza di punti luce esterni che vengono accesi anche nei periodi in cui l'edificio non è utilizzato;
- Utilizzo da parte di utenti terzi dell'edificio.

E' stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, la quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza mensile.

Figura 5.3 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096790



Il prelievo di potenza massima è pari a 38,0 kW e si verifica nei mesi di novembre e dicembre. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato.

Tali profili risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti ad eccezione di un picco di prelievo in F3, dunque in orari notturni o comunque in giorni festivi, rilevati nel mese di marzo 2018.

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 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

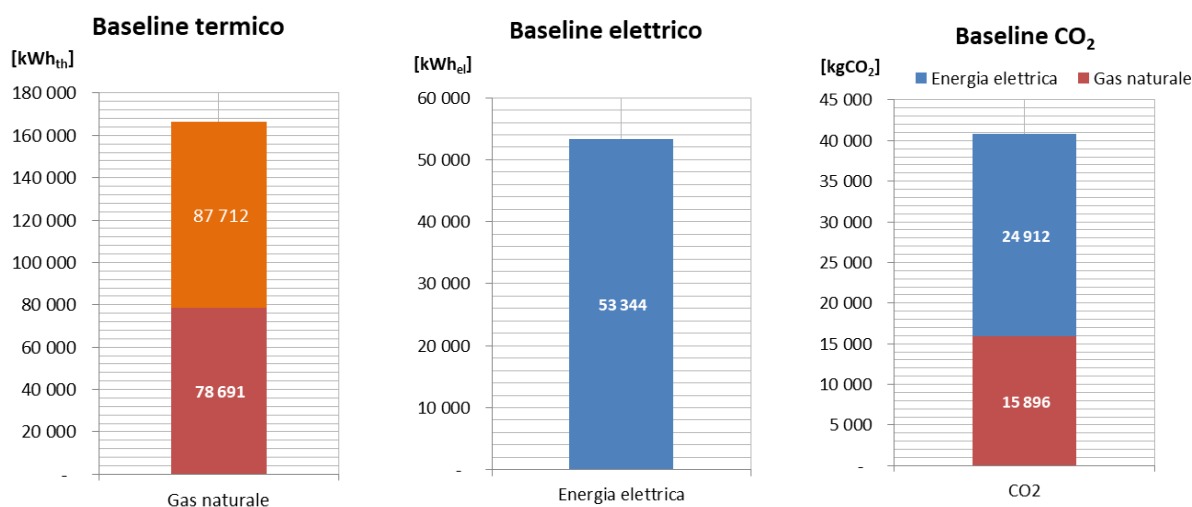
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
Gasolio	* 0,267

* 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 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂e nella Figura 5.4

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	53.344	* 0,467	24,912
Gas naturale	78.691	* 0,202	15,896
Gasolio	87.712	* 0,267	23,419

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e 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 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42
Gasolio	1,07	0	1,07

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 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.446	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.870	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	21.801	m ³

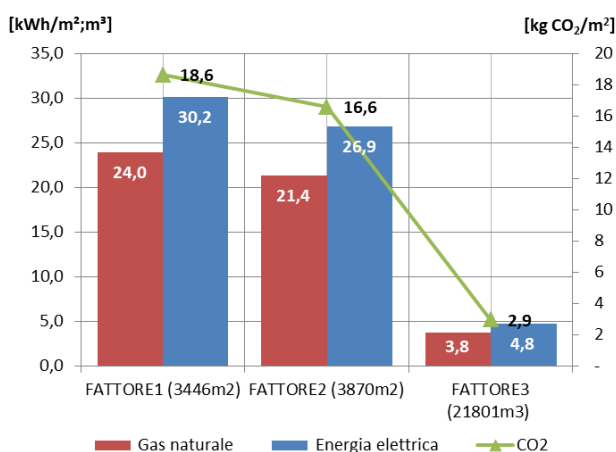
Nella Tabella 5.12 e Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

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

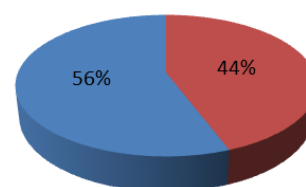
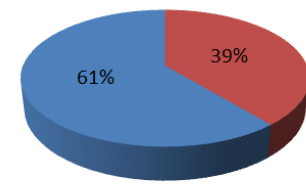
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	78 691	1,05	82 626	24,0	21,4	3,8	4,61	4,11	0,73
Gasolio	87 712	1,07	93 852	27,2	24,3	4,3	6,80	6,05	1,07
Energia elettrica	53 344	2,42	129 092	37,5	33,4	5,9	7,23	6,44	1,14
TOTALE			305 570	89	79	14	19	17	3

Tabella 5.13 – 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]
Gas naturale	78 691	1,05	82 626	24,0	21,4	3,8	4,61	4,11	0,73
Gasolio	87 712	1,07	93 852	27,2	24,3	4,3	6,80	6,05	1,07
Energia elettrica	53 344	1,95	104 021	30,2	26,9	4,8	7,23	6,44	1,14
TOTALE			280 498	81	72	13	19	17	3

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 ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,32	4,15	3,31	-	-	-
Energia elettrica				10,16	9,98	10,20

La valutazione dei consumi energetici specifici (IEN) calcolati per la scuola in esame avviene paragonandoli ai consumi specifici di riferimento relativi ad un campione significativo della realtà nazionale.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i consumi specifici di riferimento organizzati per tipologia scolastica e per classe di merito rispetto alla qualità energetica.

In particolare la classe di merito della scuola in esame si individua in base alla collocazione nelle tabelle di riferimento dello IEN calcolato; tali parametri sono riportati nell'Allegato M – Report di Benchmark.

Tabella 5.16 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

	Wh _t / m ³ 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

Tabella 5.17 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

	kWh _e / m ² 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

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti è stato necessario predisporre un modello energetico (termico ed elettrico) redatto ai sensi della normativa regionale e nazionale vigente per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Relativamente all’involucro edilizio esso è stato determinato considerando le composizioni e gli spessori di ciascun elemento opaco e trasparente, i ponti termici e in generale tutti gli elementi che concorrono alla determinazione delle dispersioni e dunque del fabbisogno in accordo alle Norme UNI-TS 11300-1:2014 per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Gli impianti termici ed elettrici sono stati simulati considerando le caratteristiche dei vari sottosistemi impiantistici presenti, secondo quanto previsto dalle norme UNI-TS 11300-2:2014, UNI-TS 11300-3:2010, UNI-TS 11300-4:2016, UNI-TS 11300-5:2016 e UNI-TS 11300-6:2016.

La creazione di un modello energetico dell’edificio oggetto della DE ha fornito come output un profilo di fabbisogno energetico valutato in condizioni standard di utilizzo dell’edificio come definite dal prospetto 2 della norma UNITS 11300 parte 1, considerando le temperature esterne come definite dalla norma UNI 10349:2016 e con una durata del periodo di riscaldamento come da DPR 74/2013

Nella Tabella 6.1 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio.

Tabella 6.1 – Indicatori di performance energetica e ambientali ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	255,8171	249,6383
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	225,2795	225,0316
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	17,2441	13,8950
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	11,9353	9,6173
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,3583	1,0945
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	59,768	56,948

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno; kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	78.048	771.973
Energia Elettrica	45.306 + 10.368	109.678

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogno 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	$E_{W, aux, gn}$
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 i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base delle ore di funzionamento dei singoli apparecchi e della loro potenza di targa come indicato nella tabella 4.13 - Elenco caratteristiche altre utenze elettriche.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando che l’impianto ha una gestione del tipo intermittente e che non è in funzione tutti i giorni della settimana.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	79,9867	74,1000
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	50,0988	50,0168
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	16,5943	13,3714
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	11,9353	9,6173
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,3583	1,0945
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	24,078	21,350

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. Inoltre si fa presente che gli indici calcolati sono paragonabili a quelli calcolati nelle tabelle 5.13 e 5.14. Le incongruenze nell’ordine del 10% sono riconducibili alla porzione di energia elettrica imputabile alle FEM così come calcolate nel paragrafo 4.5 e non inserite all’interno del modello di calcolo.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno ; kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	17.448	164.360
Energia Elettrica	43.168 + 10.368	53.536

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
164.360	166.403	1,3

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
53.536	53.344	0,4

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

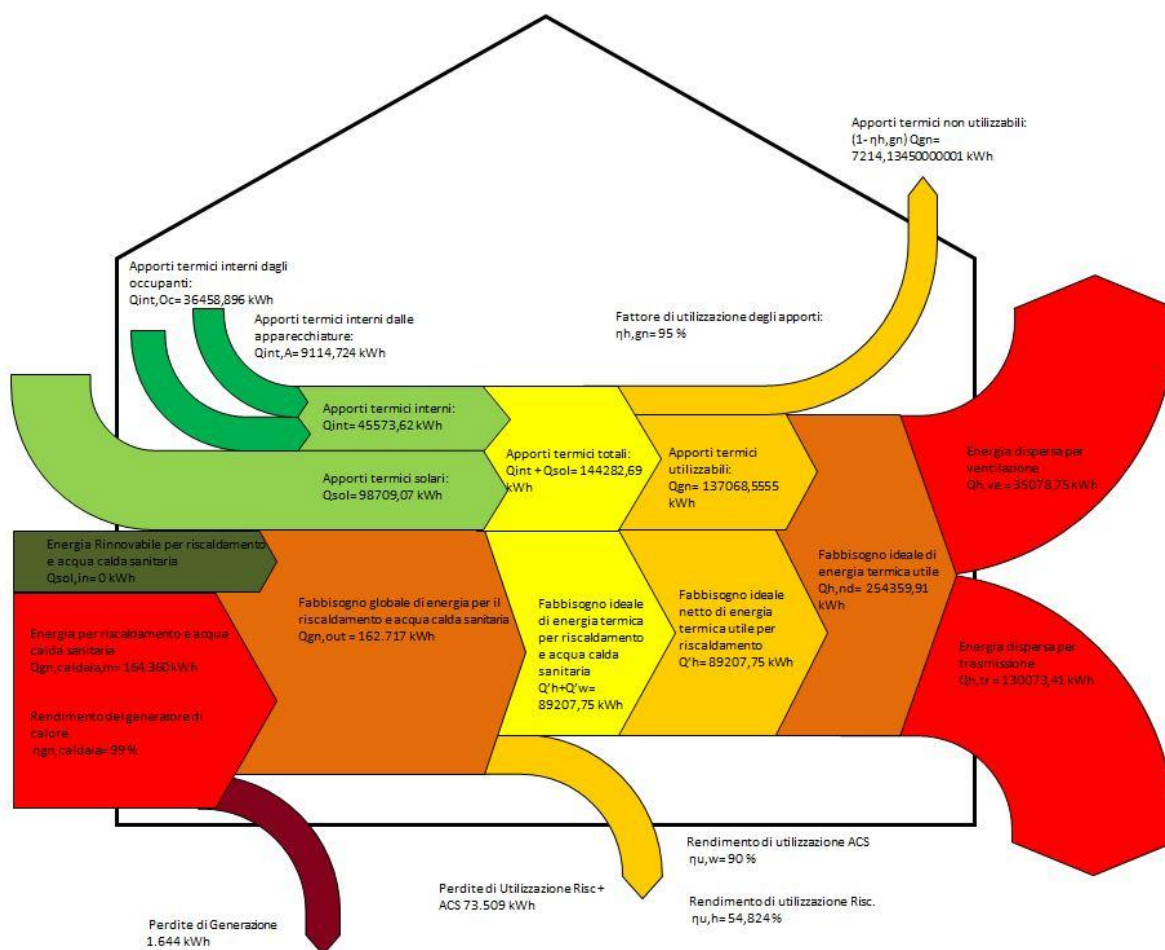
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

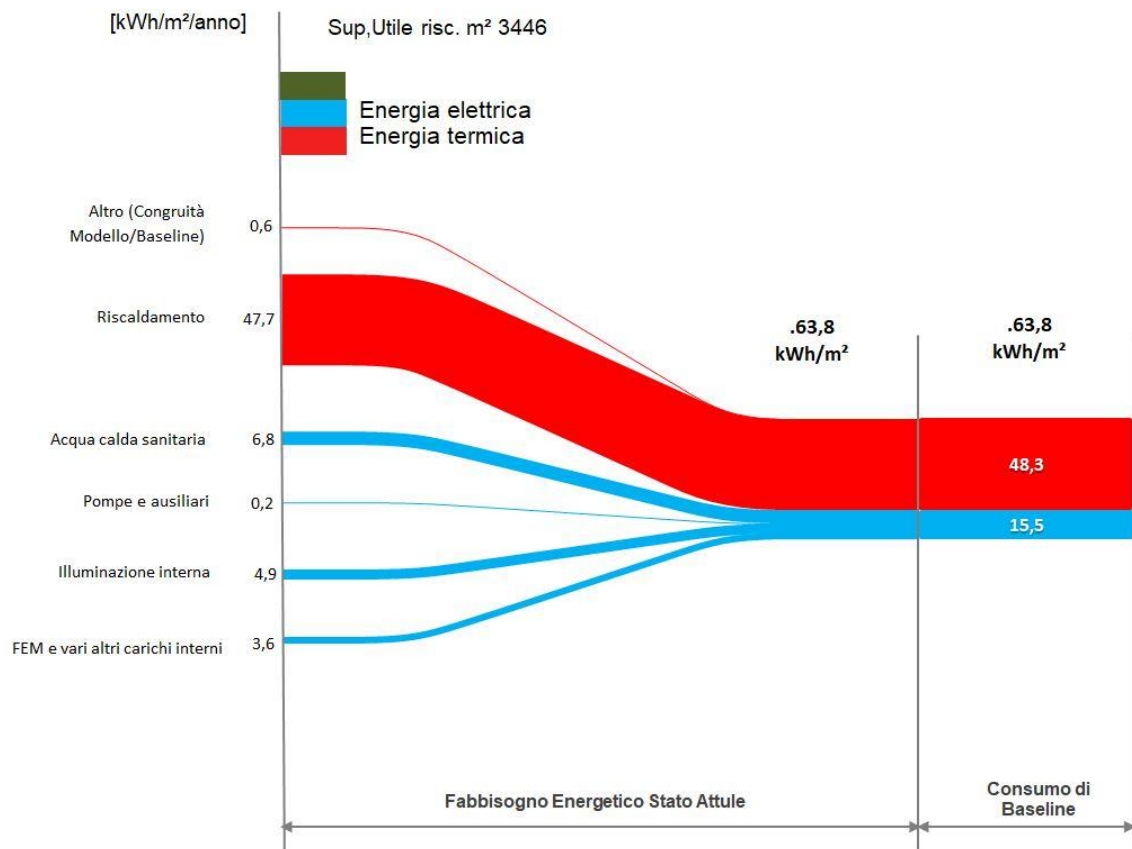
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che sebbene sia presente un generatore di calore a condensazione questo presenta un rendimento inferiore ad 1 e quindi ci sono delle perdite di generazione.

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

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



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

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

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

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

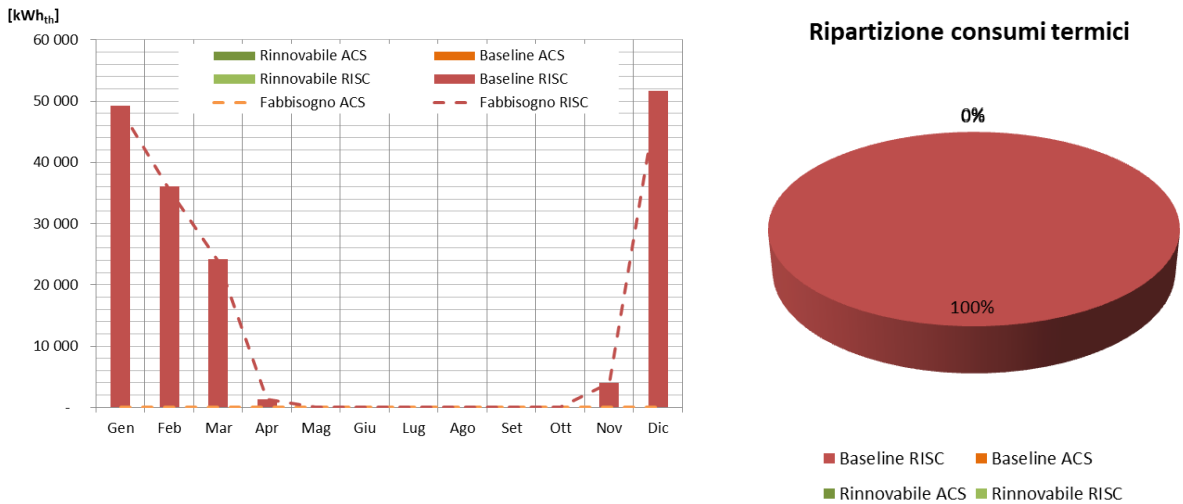
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



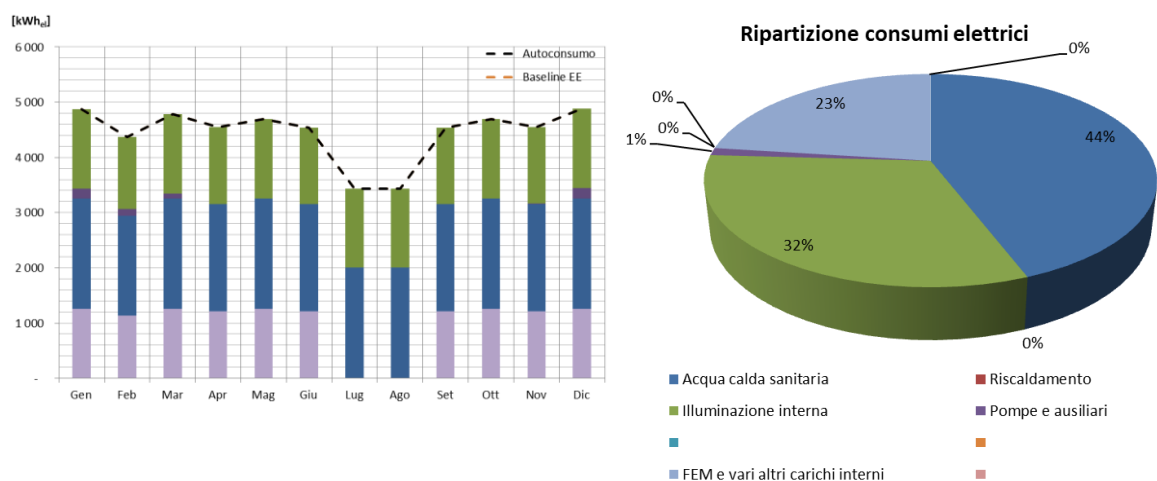
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all’impianto di riscaldamento dell’edificio, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

Anche relativamente all’analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Si precisa inoltre che alla categoria “FEM e vari altri carichi interni” è stato attribuito il valore di 10.368 kWh, valore derivato dall’utilizzo delle apparecchiature elettriche presenti all’interno della scuola per i tempi stimati e definiti in tabella 4.13 (Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche).

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 dei boiler elettrici per la produzione di ACS, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 16220050678070: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;
- PDR 2 – 3270037376216: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 3270037376216	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA LUDOVICO ARIOSTO 1 16159 GENOVA (GE)				
	GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	N.D.	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	N.D.	IREN MERCATO SPA	ENI SPA DIVISIONE GAS & POWER	ENI SPA DIVISIONE GAS & POWER	Energetic S.p.A.
Inizio periodo fornitura	N.D.	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	N.D.	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Classe del contatore	N.D.	G006	G0006	G0006	G0004
Tipologia di contratto	N.D.	PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO	Utente con attività di servizio pubblico	Utente con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	N.D.	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	N.D.	1,023328	1,023328	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	N.D.	38,190mJ/MC	38,190mJ/MC	39,312mJ/MC	38.866,000 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	0,04548 €/kWh	0,02917 €/kWh	0,02679 €/kWh	0,02092 €/kWh

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

Nota (*): 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 termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

PDR: 3270037376216	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 3270037376216	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	25	4	14	13	12	68	556	0,122
Febbraio	24	4	13	12	12	65	528	0,123
Marzo	23	4	13	12	11	63	509	0,123
Aprile	14	4	6	9	7	40	452	0,088
Maggio	14	4	6	10	7	41	462	0,088
Giugno	14	4	6	9	7	40	452	0,088
Luglio	13	4	6	10	7	40	462	0,086
Agosto	13	4	6	10	7	40	462	0,086
Settembre	13	4	6	9	7	39	452	0,086
Ottobre	4	4	2	3	3	16	151	0,108
Novembre	9	4	4	7	5	29	311	0,093
Dicembre	13	4	4	10	7	38	452	0,084
Totale	179	46	84	115	93	517	5.247	0,099
PDR: 3270037376216	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	11	4	6	8	6	35	424	0,084
Febbraio	2	4	1	2	2	11	85	0,125
Marzo	2	4	1	2	2	11	85	0,125
Aprile	8	3	3	5	4	22	396	0,056
Maggio	7	3	4	6	4	24	311	0,077
Giugno	6	3	4	6	4	22	283	0,078

Luglio	6	3	4	5	4	21	264	0,081
Agosto	6	3	4	6	4	22	273	0,080
Settembre	6	3	4	6	4	23	292	0,079
Ottobre	5	3	4	6	4	21	273	0,078
Novembre	10	3	7	10	6	36	490	0,073
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	70	31	41	61	45	248	3.175	0,078

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

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

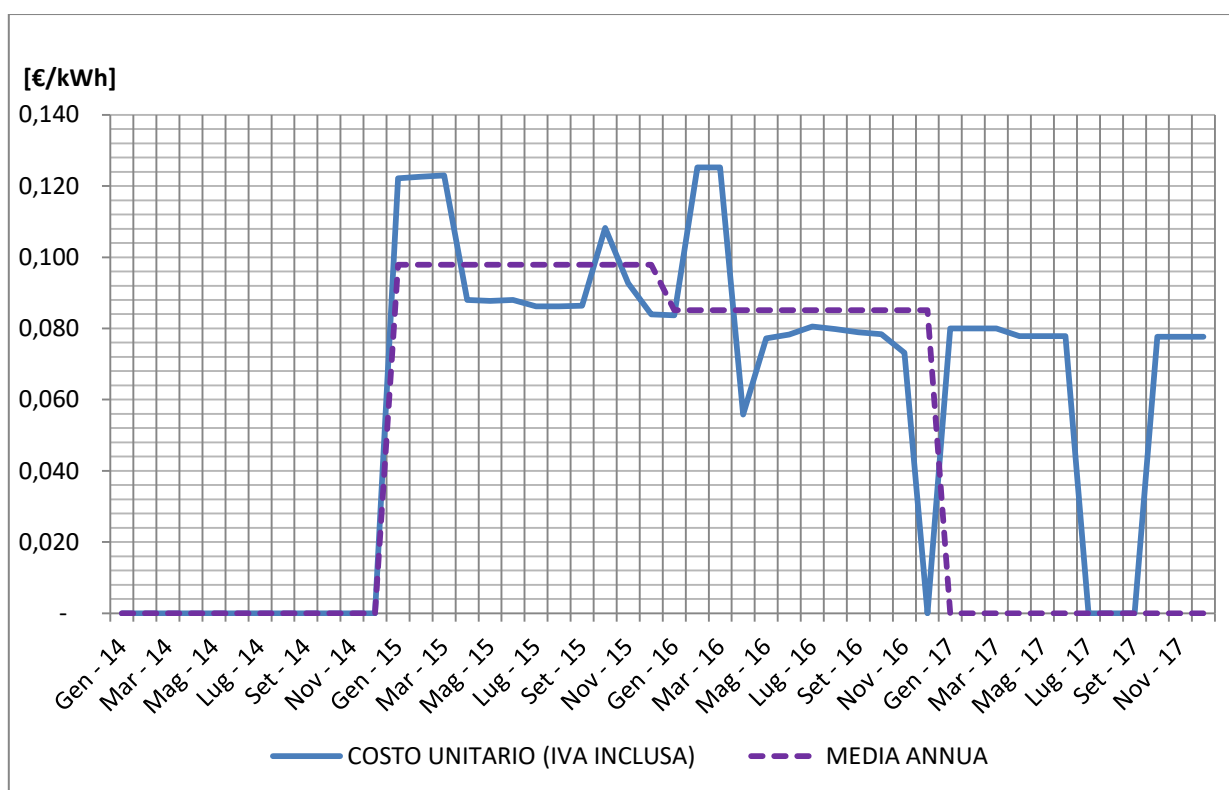
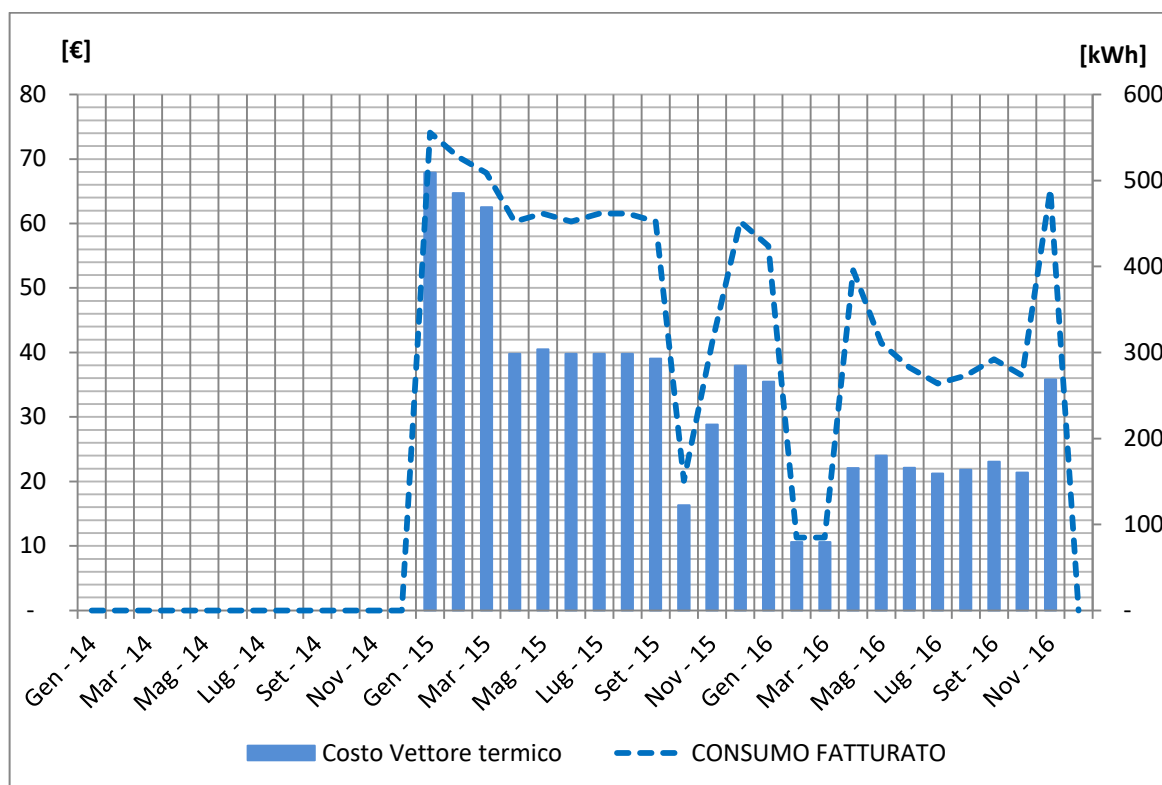


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096790: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00096790	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA LODOVICO ARIOSTO 1 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	38,00 kW	38,00 kW	38,00 kW	38,00 kW	34,00 kW
Potenza elettrica disponibile	38,00 kW	38,00 kW	38,00 kW	38,00 kW	38,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA6	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07519 €/kWh	0,07528 €/kWh	0,03544 €/kWh	0,03080 €/kWh	0,04941 €/kWh

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

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

POD: IT001E00096 790	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	406	57	506	67	228	1.263	5.334	0,237
Feb – 14	393	60	497	64	223	1.239	5.153	0,240
Mar – 14	379	59	488	62	217	1.206	4.999	0,241
Apr – 14	299	55	412	50	179	995	3.970	0,251
Mag – 14	320	67	427	54	191	1.059	4.302	0,246
Giu – 14	238	50	327	40	144	798	3.186	0,251
Lug – 14	124	18	165	21	72	400	1.703	0,235
Ago – 14	77	16	117	14	49	274	1.097	0,249
Set – 14	216	42	312	36	133	740	2.885	0,256
Ott – 14	343	60	445	56	199	1.103	4.498	0,245

E1148 – Scuola materna ed elementare “L. Ariosto”

Nov – 14	357	63	492	59	214	1.185	4.720	0,251
Dic – 14	367	73	514	62		1.015	4.949	0,205
Totale	3.519	618	4.704	585	1.850	11.277	46.796	0,241
POD: IT001E00096 790	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	418	66	533	70	109	1.195	5.561	0,215
Feb – 15	408	65	521	68	106	1.167	5.403	0,216
Mar – 15	419	67	529	70	108	1.193	5.576	0,214
Apr – 15	180	50	388	55	67	740	4.389	0,169
Mag – 15	171	49	375	54	65	714	4.326	0,165
Giu – 15	126	36	290	40	49	542	3.225	0,168
Lug – 15	69	18	187	23	30	326	1.840	0,177
Ago – 15	44	11	133	14	20	223	1.157	0,192
Set – 15	131	39	312	43	52	577	3.420	0,169
Ott – 15	166	53	485	67	77	848	5.350	0,158
Nov – 15	161	58	465	64	75	822	5.109	0,161
Dic – 15	161	39	479	66	75	820	5.278	0,155
Totale	2.453	550	4.698	633	833	9.168	50.634	0,181
POD: IT001E00096 790	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	160	56	458	68	74	816	5.430	0,150
Feb – 16	148	57	469	70	74	819	5.578	0,147
Mar – 16	181	50	471	61	76	840	4.891	0,172
Apr – 16	156	79	463	60	76	834	4.806	0,174
Mag – 16	164	73	415	57	71	780	4.538	0,172
Giu – 16	115	48	302	37	50	552	2.941	0,188
Lug – 16	77	37	161	21	30	326	1.708	0,191
Ago – 16	59	34	156	20	27	296	1.570	0,188
Set – 16	146	66	307	39	56	615	3.147	0,195
Ott – 16	294	77	489	62	92	1.015	4.998	0,203
Nov – 16	382	91	511	72	106	1.161	5.733	0,203
Dic – 16	308	79	494	63	94	1.038	5.002	0,207
Totale	2.192	748	4.696	629	827	9.092	50.342	0,181

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

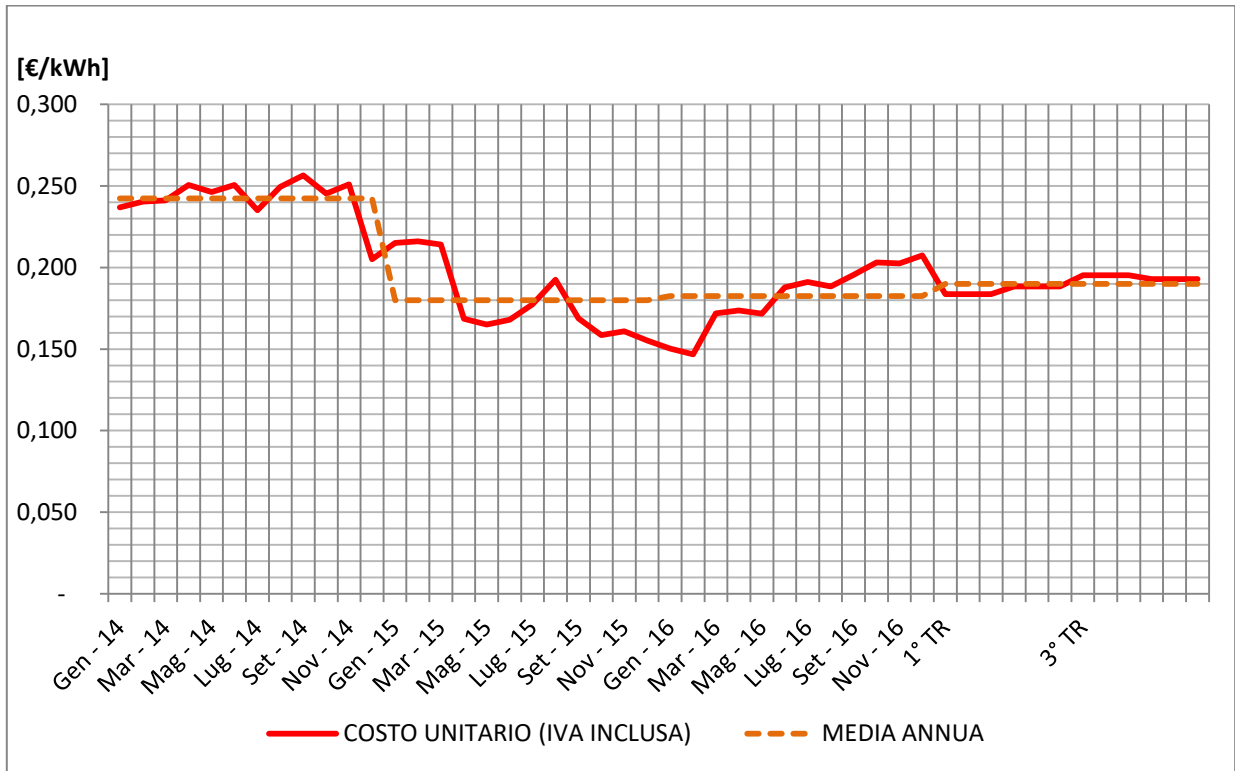
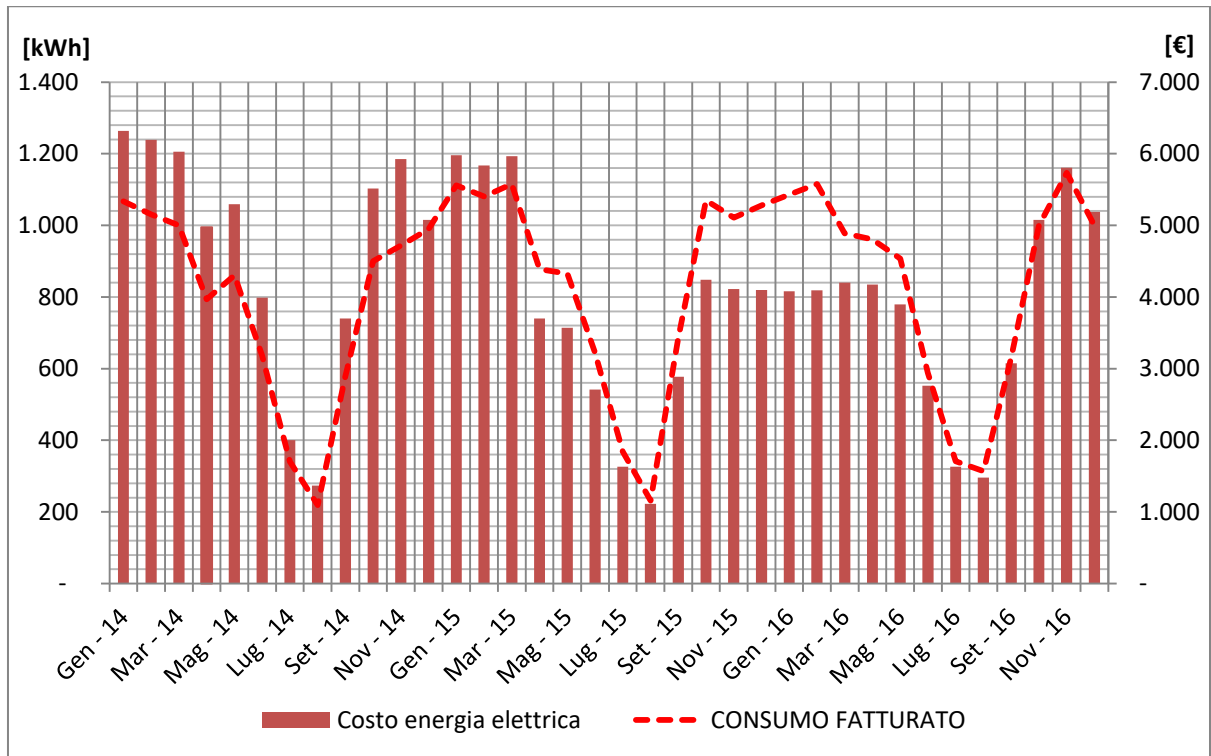


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

Nella Tabella 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	46.796	11.277	0,241	n.d.
2015	5.247	517	0,099	50.634	9.168	0,181	9.685
2016	3.175	248	0,078	50.342	9.092	0,181	9.340
2017	n.d.	n.d.	0,0792	n.d.	n.d.	0,190	n.d.
Media	4.211	382,5	0,0854	49.257	9.846	0,198	10.228

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UE}	0,190 [€/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:

- L042-000-xxx: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 36.629,18 €.

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}	18.530 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	4.929 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

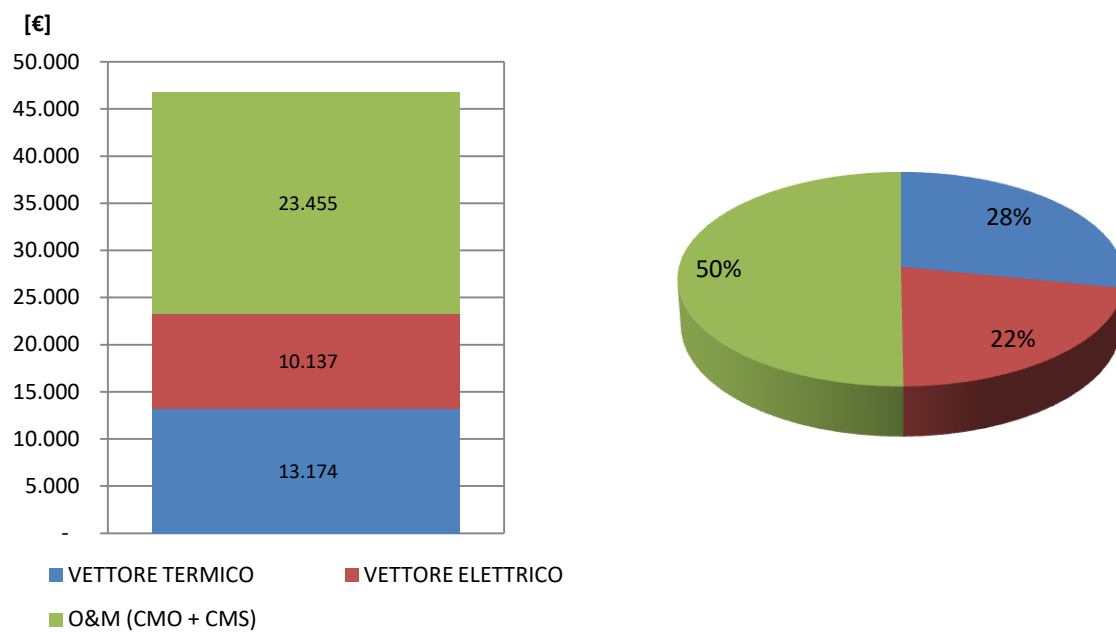
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 23.311 e un $C_{baseline}$ pari a € 46.766

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}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
166 403	0,079	13 174	53 344	0,190	10 137	23 455	18 530	4 926	46 766

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: Cappotto interno

Generalità

La misura prevede l'applicazione su tutte le chiusure opache verticali dell'edificio di una lastra in lana di vetro dello spessore di 10 cm incollata e fissata meccanicamente alla parete sullo strato di intonaco esistente. Sulla lastra, previa applicazione di idoneo supporto meccanico tipo rete, sarà posato uno strato di finitura consistente di una rasatura/lastra di cartongesso e tinteggiatura.

L'intervento è volto alla riduzione delle dispersioni termiche delle murature perimetrali dell'edificio.

Figura 8.1 – Particolare pareti interne



L'inserimento di un cappotto interno in lana di vetro consente, oltre che di ridurre le dispersioni termiche dell'involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico. L'intervento può generare una riduzione del fabbisogno termico complessivo compreso fra il 25 ed il 35%.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Il cappotto termico interno è un sistema di isolamento che si installa applicando dei pannelli isolanti nella parte interna delle pareti.

Essendo l'edificio soggetto a verifica di vincolo storico-artistico, è necessaria l'applicazione di pannelli all'interno dello spazio riscaldato che non alterino le caratteristiche architettoniche dell'edificio.

Questo intervento consente di ottenere una notevole riduzione delle dispersioni termiche, nonché dei ponti termici.

Descrizione dei lavori

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

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

Prestazioni raggiungibili

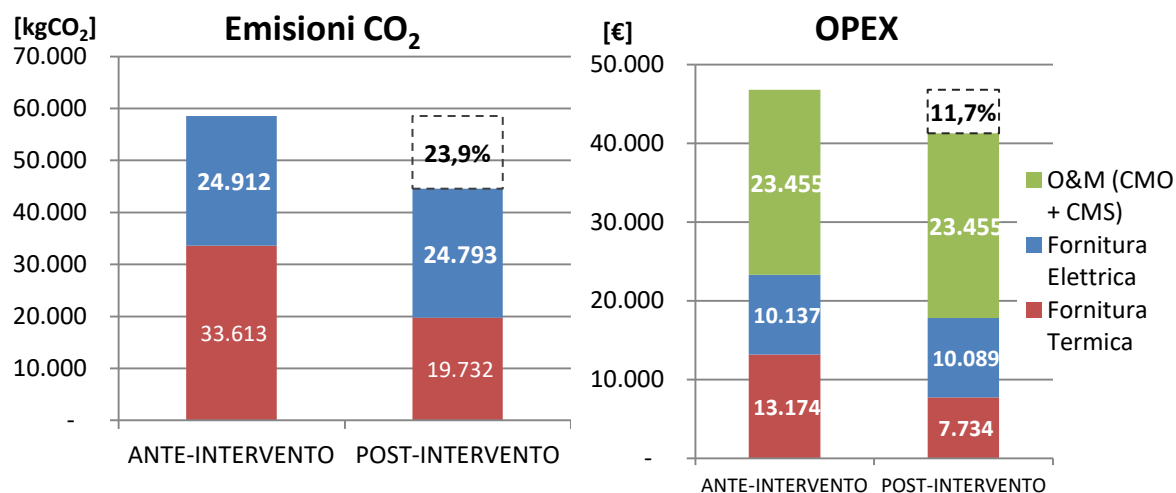
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – CAPPOTTO INTERNO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	2,01	0,22	89,1%
Q _{teorico}	[kWh]	164.360	96.486	41,3%
EE _{teorico}	[kWh]	53.536	53.280	0,5%
Q _{baseline}	[kWh]	166.403	97.685	41,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	53.344	53.089	0,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.613	19.732	41,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.912	24.793	0,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.525	44.525	23,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.174	7.734	41,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	10.137	10.089	0,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.311	17.822	23,5%
C _{MO}	[€]	18.530	18.530	0,0%
C _{MS}	[€]	4.926	4.926	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	23.455	23.455	0,0%
OPEX	[€]	46.766	41.278	11,7%
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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

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

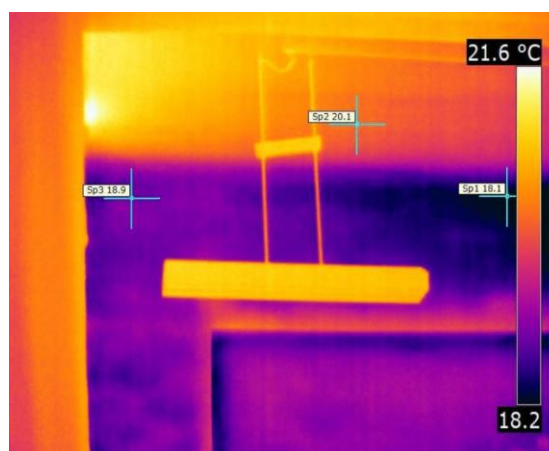
EEM2: Isolamento copertura

Generalità

La misura prevede l'isolamento termico del solaio di copertura tramite la stesura di un materassino in materiale isolante posato direttamente sul solaio e rivestito con uno strato di guaina bituminosa.

L'isolamento termico della copertura consente di ottenere notevoli benefici proporzionali al grado di isolamento e alla superficie di intervento. Fra questi una riduzione dei consumi energetici invernali ed estivi e migliori condizioni di comfort abitativo invernale ed estivo nei locali sottostanti; inoltre mantenendo al caldo gli strati costituenti la struttura si riducono i rischi di condensazione interstiziale e superficiale.

Figura 8.3 – Particolare termografia solaio



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento termico in estradosso del solaio di copertura sarà eseguito mediante feltro in lana di roccia a bassa densità. Di seguito un elenco di alcune caratteristiche:

- Prestazioni termiche: la disponibilità di spessori elevati permette di ottenere un notevole comfort abitativo sia invernale che estivo.
- Controllo del vapore: la carta kraft politenata che ricopre un lato del feltro svolge la funzione di freno vapore, utile in particolari condizioni termo igrometriche.
- Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni igrometriche dell'ambiente.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (10-15%).

Descrizione dei lavori

Dopo aver opportunamente pulito da impurità il piano di posa si procede alla posa, con continuità, di pannelli ben accostati tra loro a giunti sfalsati per costituire il primo strato. Dopo aver terminato con il primo strato si procedere alla stesura del secondo strato di isolante facendo attenzione a sfalsare i giunti rispetto al sottostante strato. Infine si procede all'impermeabilizzazione mediante uno strato di guaina bituminosa.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – ISOLAMENTO TERMICO COPERTURA

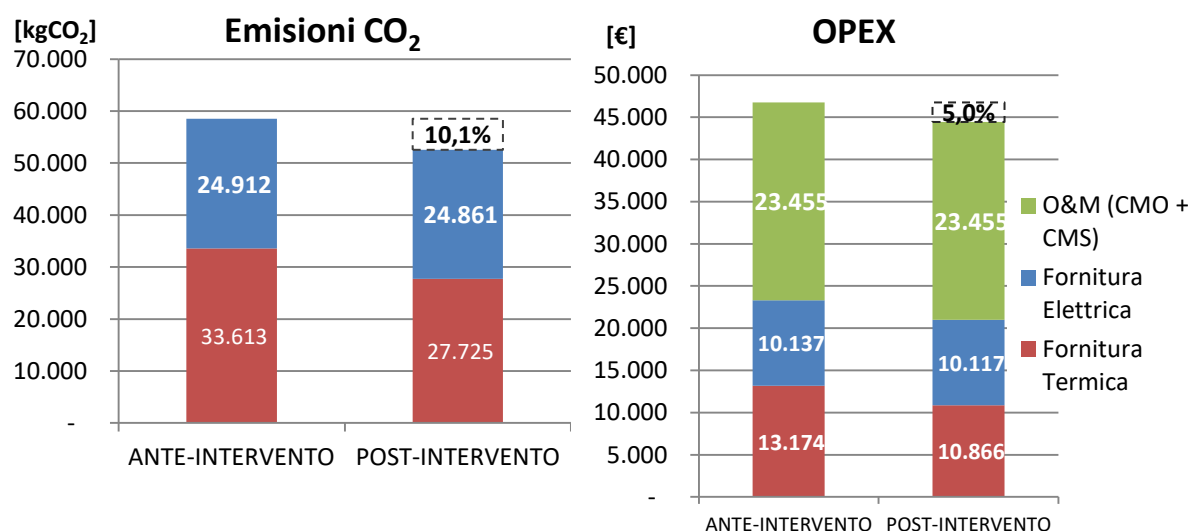
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	W/m ² K	1,91	0,22	88,5%
Q _{teorico}	[kWh]	164.360	135.568	17,5%
EE _{teorico}	[kWh]	53.536	53.427	0,2%
Q _{baseline}	[kWh]	166.403	137.253	17,5%

EE _{Baseline}	[kWh]	53.344	53.236	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.613	27.725	17,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.912	24.861	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.525	52.586	10,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.174	10.866	17,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	10.137	10.117	0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.311	20.983	10,0%
C _{MO}	[€]	18.530	18.530	0,0%
C _{MS}	[€]	4.926	4.926	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	23.455	23.455	0,0%
OPEX	[€]	46.766	44.438	5,0%
Classe energetica	[-]	F	F	-

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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori presenti all'interno dell'edificio.

Le valvole termostatiche sono tipicamente impiegate per la regolazione del fluido ai radiatori degli impianti di riscaldamento. Abbinata a un comando termostatico o elettrotermico, mantengono costante, al valore impostato, la temperatura ambiente del locale in cui sono installate. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono consistenti risparmi energetici.

Figura 8.5 – Particolare terminali di emissione



Queste valvole sono dotate di un particolare codolo con tenuta idraulica in gomma che permette il collegamento al radiatore in modo veloce e sicuro, senza l'ausilio di altro mezzo sigillante.

Caratteristiche funzionali e tecniche

In base al tipo di corpo scaldante, al diametro e materiale del tubo saranno predisposte le seguenti tipologie di valvole termostatiche con i relativi detentori:

- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Detentore. Attacchi a squadra, per tubo rame, plastica semplice e multistrato. Attacchi tubazione 23 p.1,5 e 3/4" M. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS.

- Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio $5\pm 100^{\circ}\text{C}$. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Detentore. Attacchi diritti, per tubo rame, plastica semplice e multistrato. Attacchi tubazione 23 p.1,5 e 3/4" M. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio $5\pm 100^{\circ}\text{C}$. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
 - Detentore. Attacchi a squadra, per tubo ferro 3/8", 1/2", 3/4" o 1" F. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" e 1" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio $5\pm 100^{\circ}\text{C}$. Pressione massima d'esercizio 10 bar

Tutte le valvole termostatiche sono dotate di coperchio antimanomissione e anti vandalismo. Tale misura può ridurre il consumo di energia termica (10-15%).

Descrizione dei lavori

La posa delle valvole deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08). Inoltre si dovrà provvedere ad un lavaggio dell'intero impianto per evitare che le impurità depositatesi nel corso degli anni vadano a danneggiare le componenti delle nuove valvole.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6.

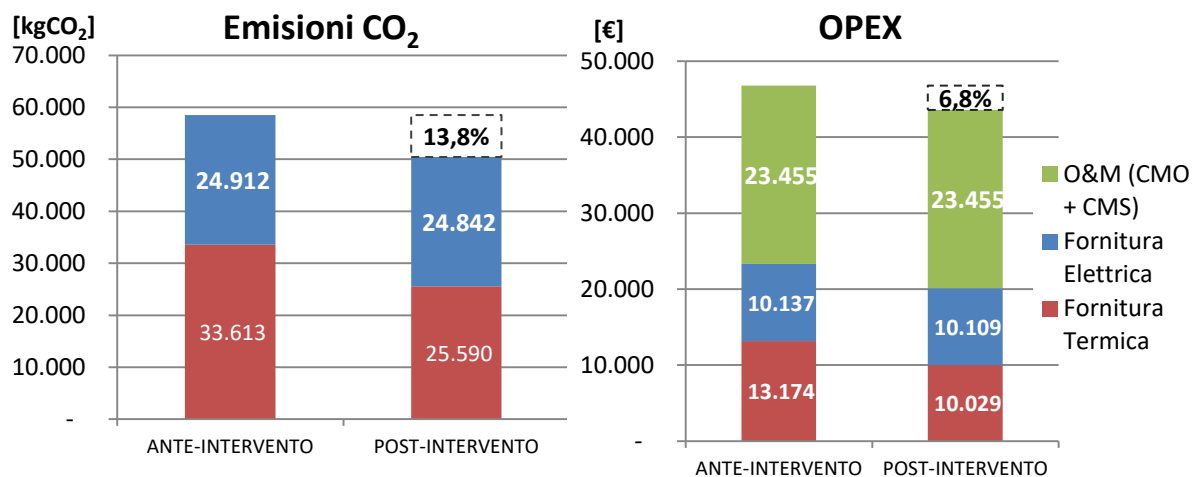
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	66	99	33,3%
Q_{teorico}	[kWh]	164.360	125.128	23,9%
EE_{teorico}	[kWh]	53.536	53.387	0,3%
Q_{baseline}	[kWh]	166.403	126.684	23,9%
EE_{Baseline}	[kWh]	53.344	53.196	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.613	25.590	23,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.912	24.842	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.525	50.433	13,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	13.174	10.029	23,9%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	10.137	10.109	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.311	20.138	13,6%
C_{MO}	[€]	18.530	18.530	0,0%
C_{MS}	[€]	4.926	4.926	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	23.455	23.455	0,0%
OPEX	[€]	46.766	43.594	6,8%
Classe energetica	[-]	F	F	-

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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

EEM4: Scaldacqua a pompa di calore

Generalità

L'intervento consiste nell'inserimento di un impianto per produzione di acqua calda sanitaria a pompa di calore.

Le economie conseguibili nella produzione di ACS con l'utilizzo della pompa di calore sono da considerarsi in base al minor consumo che questa consente, rispetto al sistema convenzionale (Boiler elettrico).

Figura 8.7 – Esempio di scaldacqua a pompa di calore



Caratteristiche funzionali e tecniche

Lo scaldacqua a pompa di calore sfrutta il medesimo meccanismo di funzionamento delle pompe di calore per il riscaldamento. Grazie ad uno scaldacqua a pompa di calore è possibile riscaldare, in modo efficiente, l'acqua fino a oltre una temperatura di 60°.

Le pompe di calore scaldacqua sfruttano un fluido frigorifero che, attraverso cambiamenti di stato (liquido – gas e gas – liquido) e ciclo compressione ed espansione, riescono a prelevare l'energia termica contenuta nell'aria e trasferirla all'acqua così da riscaldarla.

L'installazione di un sistema scaldacqua a pompa di calore consente di ottenere un notevole risparmio in termini di consumi energetici ed economici.

Le caratteristiche del nuovo generatore devono essere scelte in funzione ed in relazione all'attuale configurazione dell'impianto.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Scaldacqua a pompa di calore

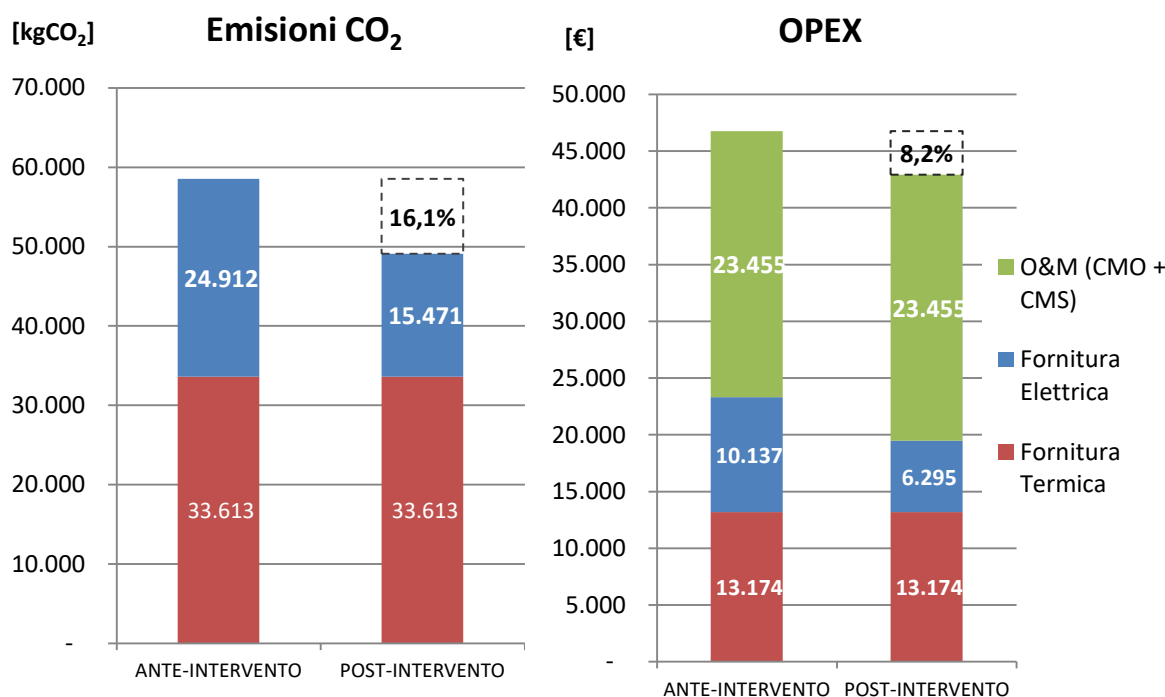
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 (Fabb. di energia elettrica per ACS)	[kWp]	0,7	5,53	87,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	164.360	164.360	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	53.536	33.247	37,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	166.403	166.403	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	53.344	33.128	37,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.613	33.613	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.912	15.471	37,9%

Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	58.525	49.084	16,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.174	13.174	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	10.137	6.295	37,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.311	19.469	16,5%
C _{MO}	[€]	18.530	18.530	0,0%
C _{MS}	[€]	4.926	4.926	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	23.455	23.455	0,0%
OPEX	[€]	46.766	42.925	8,2%
Classe energetica	[-]	F	F	-

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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

Figura 8.8 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

Si precisa che utilizzando i costi unitari dell'area di riferimento tali interventi non risultano economicamente convenienti nemmeno combinati in scenari con altri interventi. Inoltre si fa presente che, data la normativa vigente in materia di classificazione energetica, riducendo la potenza installata dei corpi illuminanti (come nel caso dell'utilizzo di tecnologia LED) non è quasi mai possibile determinare un salto di due classi energetiche, anzi la classe energetica dell'edificio peggiora. Tale criticità sarebbe risolvibile combinando tale EEM con altri più energeticamente prestanti ma, come già precisato i costi non renderebbero conveniente l'intero scenario.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Cappotto interno

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione di un cappotto interno come specificato nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – CAPPOTTO INTERNO

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura di pannello in lana di vetro 6 cm	Liguria 2017	3800	€/mq	9,747	37.038,60 €	8.148,49 €	45.187,09 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	3800	€/mq	4,221	16.039,80 €	3.528,76 €	19.568,56 €
Fornitura di pannello in lana di vetro 6 cm	Liguria 2017	3800	€/mq	9,747	37.038,60 €	8.148,49 €	45.187,09 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	3800	€/mq	4,221	16.039,80 €	3.528,76 €	19.568,56 €
Intonaco interno	Liguria 2017	3800	€/mq	8,874	33.721,20 €	7.418,66 €	41.139,86 €
Tinteggiatura	Liguria 2017	3800	€/mq	5,562	21.135,60 €	4.649,83 €	25.785,43 €
TOTALE (I₀)					161.013,60 €	35.422,99 €	196.436,59 €
Incentivi	[Conto termico]				4.830,41 €	1.062,69 €	5.893,10 €
Durata incentivi					11.270,95 €	2.479,61 €	13.750,56 €
Incentivo annuo					177.114,96 €	38.965,29 €	216.080,25 €

EEM2: Isolamento copertura

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella realizzazione di un isolamento della copertura come specificato nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – ISOLAMENTO COPERTURA

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura di pannello in lana di vetro 6 cm	Liguria 2017	750	€/mq	14,337	10.752,75 €	2.365,61 €	13.118,36 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	750	€/mq	4,221	3.165,75 €	696,47 €	3.862,22 €
Fornitura di pannello in lana di vetro 6 cm	Liguria 2017	750	€/mq	14,337	10.752,75 €	2.365,61 €	13.118,36 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	750	€/mq	4,221	3.165,75 €	696,47 €	3.862,22 €
Lastra di cartongesso	Liguria 2017	750	€/mq	8,766	6.574,50 €	1.446,39 €	8.020,89 €
Fornitura di pannello in lana di vetro 6 cm	Liguria 2017	750	€/mq	14,337	10.752,75 €	2.365,61 €	13.118,36 €
TOTALE (I₀)					34.411,50 €	7.570,53 €	41.982,03 €
Incentivi	[Conto termico]				1.032,35 €	227,12 €	1.259,46 €
Durata incentivi					2.408,81 €	529,94 €	2.938,74 €
Incentivo annuo					37.852,65 €	8.327,58 €	46.180,23 €

EEM3: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti dell'edificio.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – VALVOLE TERMOSTATICHE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	154	cad	37,233	5.733,88 €	1.261,45 €	6.995,34 €
Costi per la sicurezza					172,02 €	37,84 €	209,86 €
Costi per la progettazione					401,37 €	88,30 €	489,67 €
TOTALE (I₀)					6.307,27 €	1.387,60 €	7.694,87 €

EEM4: Scaldacqua a pompa di calore

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di uno scaldacqua a pompa di calore per la produzione di acqua calda sanitaria.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – SCALDACQUA A POMPA DI CALORE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura e posa di PDC per produzione di ACS (bollitore da 500 litri)	CCIAA RE	1	cad	5446,8	5.446,80 €	1.198,30 €	6.645,10 €
Costi per la sicurezza					163,40 €	35,95 €	199,35 €
Costi per la progettazione					381,28 €	83,88 €	465,16 €
TOTALE (I₀)					5.991,48 €	1.318,13 €	7.309,61 €

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

Il dettaglio dei calcoli è riportato Allegato B – Elaborati.

EEM1: Cappotto interno

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– CAPPOTTO INTERNO

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 216.080
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 17.286
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 34,1	19,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA 53,4	33,1
Valore attuale netto	VAN - 97.581	20.625
Tasso interno di rendimento	TIR -0,9%	2,7%
Indice di profitto	IP -0,45	-0,10

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

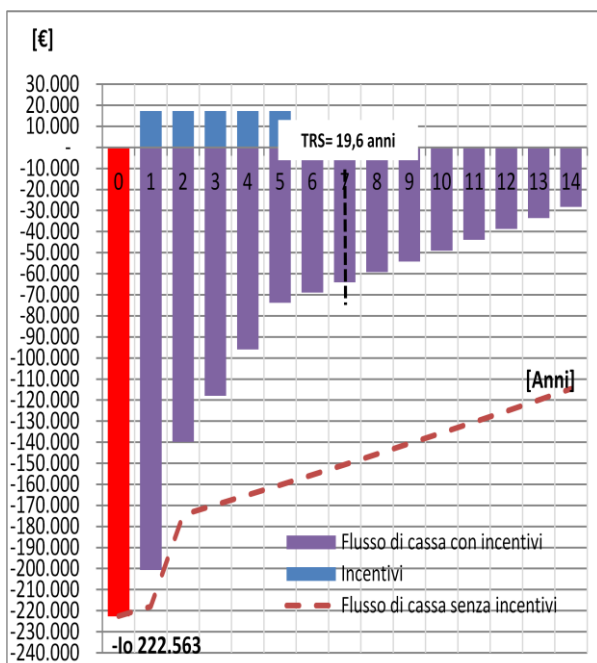
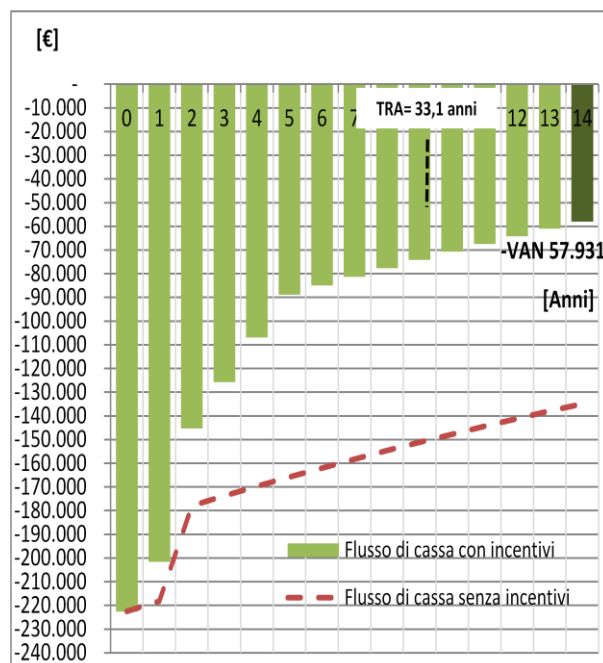


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolarmente non risulta economicamente conveniente, anche in presenza degli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM2: Isolamento copertura

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– ISOLAMENTO COPERTURA

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	46.180
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	3.694
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	18,3
Tempo di rientro attualizzato	TRa	31,4
Valore attuale netto	VAN	- 2.130
Tasso interno di rendimento	TIR	3,6%
Indice di profitto	IP	-0,05

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

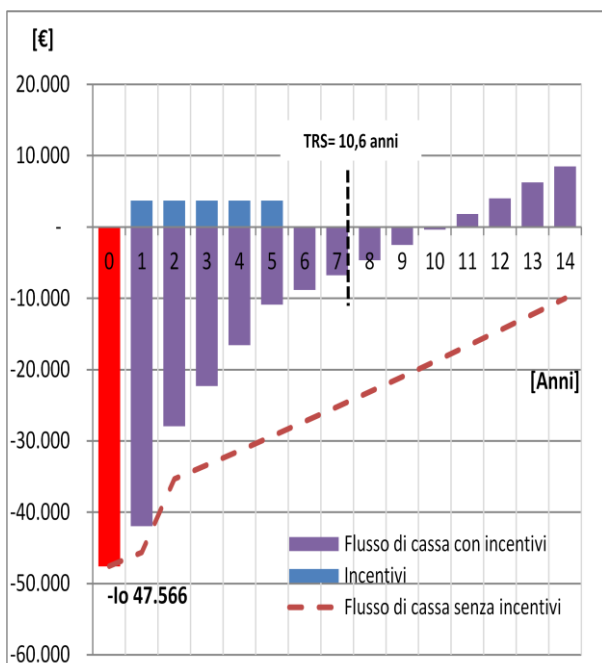
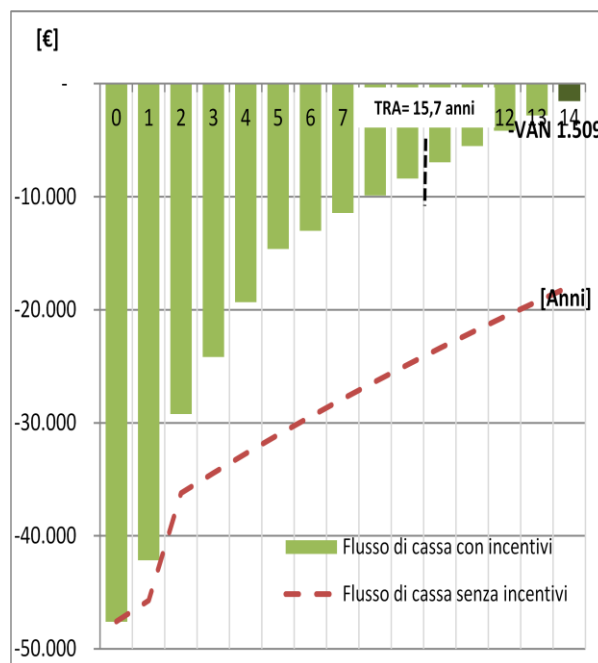


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolarmente non risulta economicamente conveniente anche in presenza degli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM3: Installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– VALVOLE TERMOSTATICHE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 7.695
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,7
Valore attuale netto	VAN	23.213
Tasso interno di rendimento	TIR	37,3%
Indice di profitto	IP	3,02

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

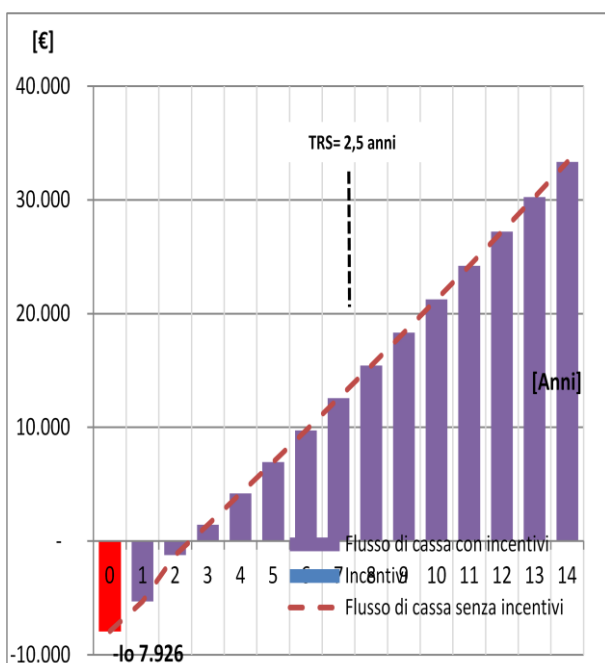
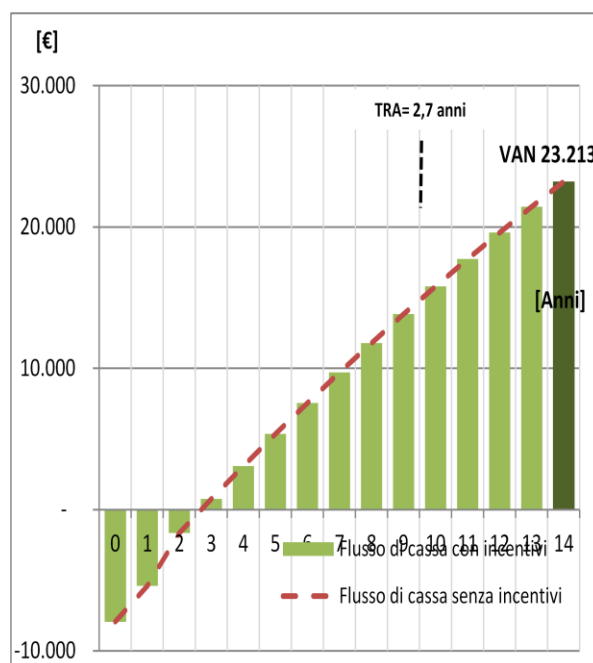


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente.

EEM4: Scaldacqua a pompa di calore

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– SCALDACQUA A POMPA DI CALORE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 7.310
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 140
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	1,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,0
Valore attuale netto	VAN	29.842
Tasso interno di rendimento	TIR	47,0%
Indice di profitto	IP	4,08

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

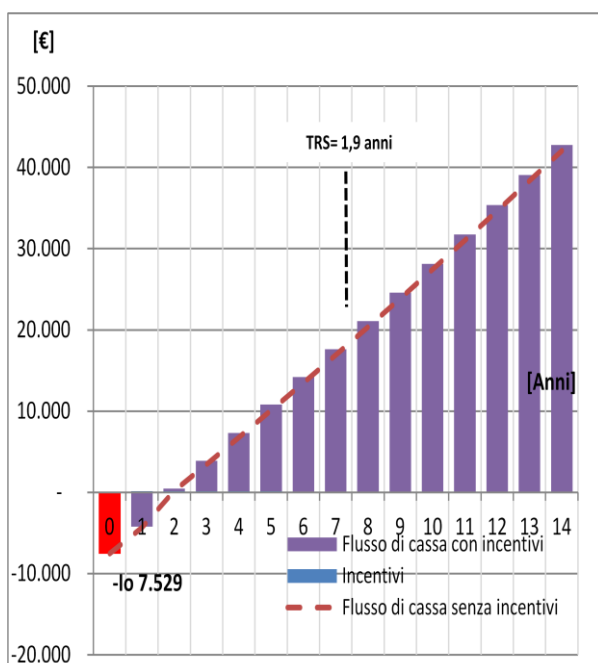
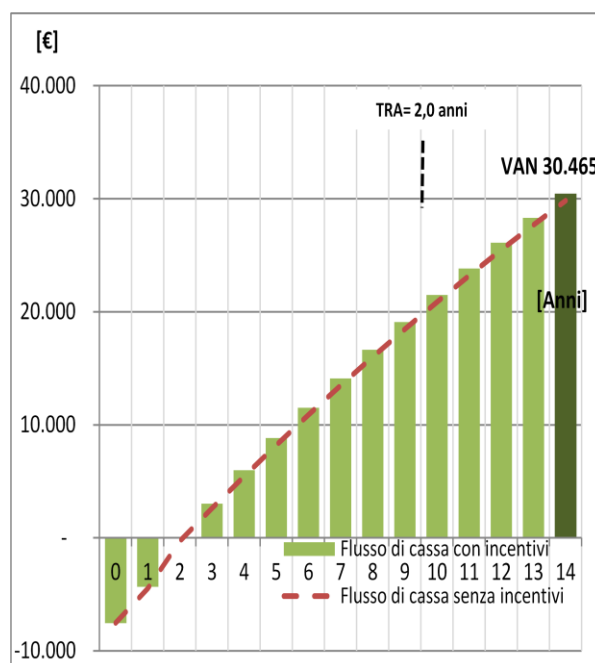


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente sia con che senza gli incentivi previsti.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.9 e Tabella 9.10

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	23,9	23,9	5.489	-	-	216.080	34,1	53,4	30	-97.581	-0,9	-0,45
EEM 2	10,1	10,1	2.328	-	-	46.180	18,3	31,4	30	-2.130	3,6	-0,05
EEM 3	13,8	13,8	3.173	-	-	7.695	2,5	2,5	15	23.213	37,3	3,02
EEM 4	16,1	16,1	3.842	-	-	7.310	1,9	1,9	15	29.842	47	4,08
SCN 1	38,5	38,5	8.986	-	-	64.263	2,08	2,34	15	13.725	54,97	21,36
SCN 2	56,1	56,1	13.068	-	-	277.265	14,7	3,25	25	4.554	5,87	1,64

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 non tutti gli interventi proposti risultano economicamente convenienti.

Tabella 9.10 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	23,9	23,9	5.489	-	-	216.080	19,6	33,1	30	-20.625	2,7	-0,10
EEM 2	10,1	10,1	2.328	-	-	46.180	10,6	15,7	30	14.317	7,5	0,31
EEM 3	13,8	13,8	3.173	-	-	7.695	2,5	2,5	15	23.213	37,3	3,02
EEM 4	16,1	16,1	3.842	-	-	7.310	1,9	2,0	15	30.465	48,7	4,17
SCN 1	38,5	38,5	8.986	-	-	64.263	2,08	2,34	15	13.725	54,97	21,36
SCN 2	56,1	56,1	13.068	-	-	277.265	14,7	3,25	25	4.554	5,87	1,64

Dall'analisi dei risultati emerge che non tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti e che gli unici interventi che presentano una differenza rilevante dovuta alla presenza dell'incentivo sono l'EEM1, l'EEM2 e l'EEM4.

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- 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 LLCR maggiori di 1.

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

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

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

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

- **Scenario 1: ISOLAMENTO COPERTURA VALVOLE E SSCLDACQUA:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM 2, EEM 3 e EEM 4 e cioè nell’isolamento all’intradosso del solaio di copertura, nell’installazione delle valvole termostatiche su ogni corpo scaldante e l’installazione di uno scaldacqua a poma di calore.
- **Scenario 2: INVOLUCRO VALVOLE E SCALDACQUA:** Tale scenario consiste invece nella realizzazione di tutti e quattro gli interventi proposti EEM1, EEM2, EEM3 ed EEM4.

9.3.1 Scenario 1: ISOLAMENTO COPERTURA VALVOLE E SCALDACQUA

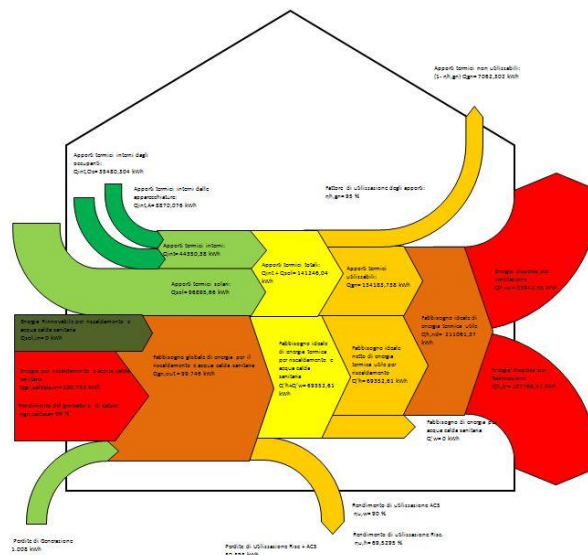
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 Fornitura & Posa	34.411,50 €	7.570,53 €	41.982,03 €
EEM3 Fornitura & Posa	5.733,88 €	1.261,45 €	6.995,34 €
EEM4 Fornitura & Posa	5.446,80 €	1.198,30 €	6.645,10 €
Costi per la sicurezza	1.367,77 €	300,91 €	1.668,67 €
Costi per la progettazione	3.191,45 €	702,12 €	3.893,57 €
TOTALE (I₀)	50.151,40 €	11.033,31 €	61.184,71 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 O&M	18.529,70 €	4.925,62 €	23.455,32 €
EEM3 O&M	18.529,70 €	4.925,62 €	23.455,32 €
EEM4 O&M	18.529,70 €	4.925,62 €	23.455,32 €
TOTALE (C_M)	18.529,70 €	4.925,62 €	23.455,32 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	19.172,09 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		3.834,42 €	

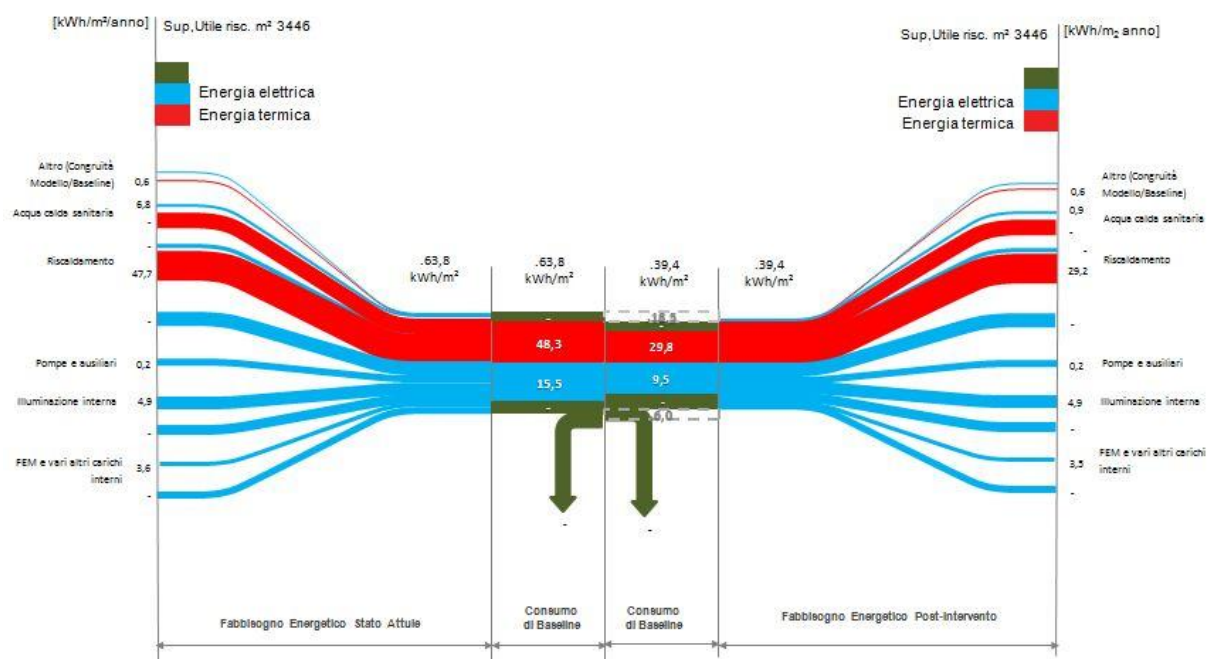
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.9 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito.

Figura 9.10 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



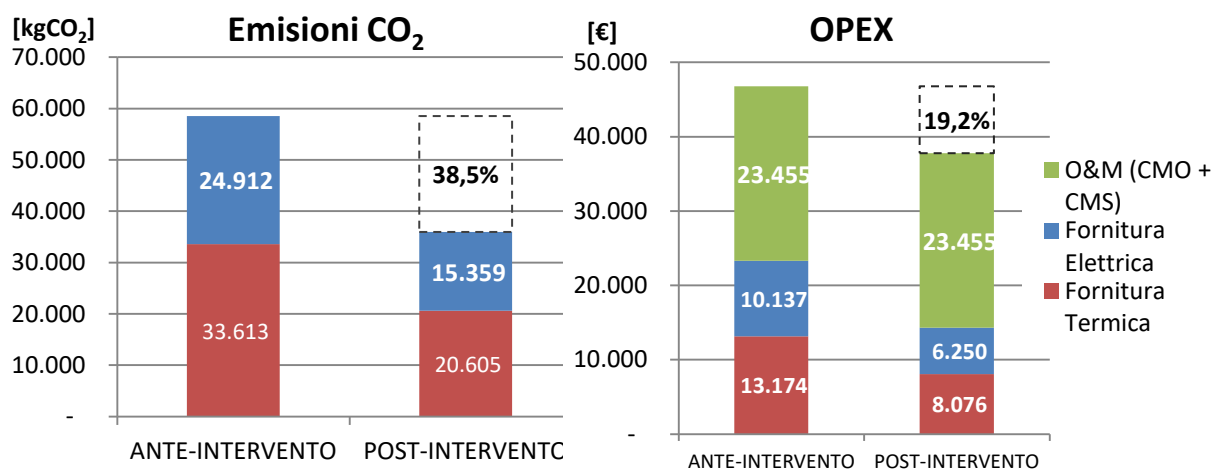
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 nella Figura 9.11.

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – ISOLAMENTO COPERTURA VALVOLE E SCALDACQUA

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,91	0,22	88,5%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	66	99	33,3%
EEM4 - Rendimento di generazione	[-]	0,7	5,53	87,3%
Q _{teorico}	[kWh]	164.360	100.753	38,7%
EE _{teorico}	[kWh]	53.536	33.007	38,3%
Q _{baseline}	[kWh]	166.403	102.005	38,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	53.344	32.888	38,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.613	20.605	38,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.912	15.359	38,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.525	35.964	38,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.174	8.076	38,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	10.137	6.250	38,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.311	14.326	38,5%
C _{MO}	[€]	18.530	18.530	0,0%
C _{MS}	[€]	4.926	4.926	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	23.455	23.455	0,0%
OPEX	[€]	46.766	37.781	19,2%

Classe energetica [-] G E +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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

 Figura 9.11 - 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 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– ISOLAMENTO COPERTURA VALVOLE E SCALDACQUA

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	13
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 64.263
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.928
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 66.191
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 52.953

Equity	I_E	€	13.238
Fattore di annualità Debito	FA_D		10,24
Rata annua debito	q_D	€	5.174
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	67.257
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	14.304

Tabella 9.14 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	19.107
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	16.850
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	35.957
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		38,5%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		2,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	5.592
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	719
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	58.850
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	8.802
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		29,80%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	1.409
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.022
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.443
Canone O&M €/anno	CnM	€	17.496
Canone Energia €/anno	CnE	€	12.869
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	30.365
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	4.873
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	35.238
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	11.588
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	20.404
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.15 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		6,91
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		8,87
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	15.510
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		8,81%
Indice di Profitto	IP		24,13%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		2,08
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,34
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	13.725
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$		54,97%

Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,336
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,890
Indice di Profitto Azionista	IP	21,36%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

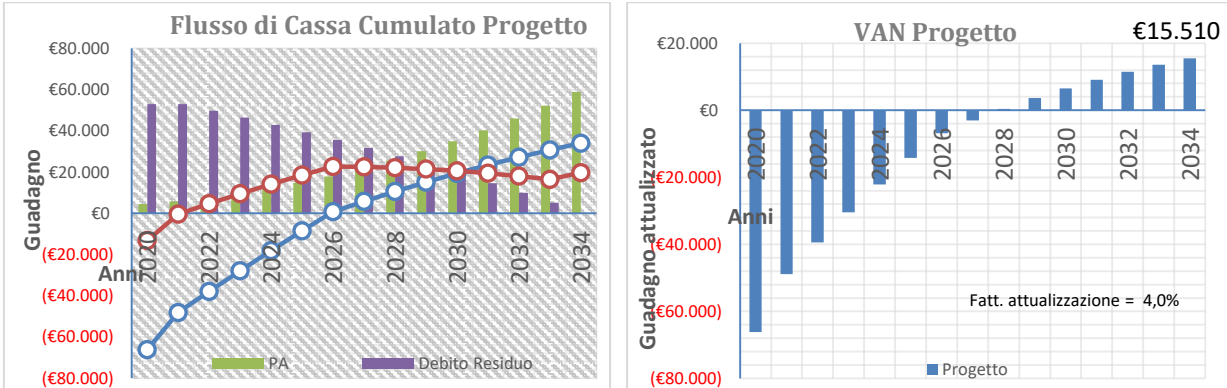
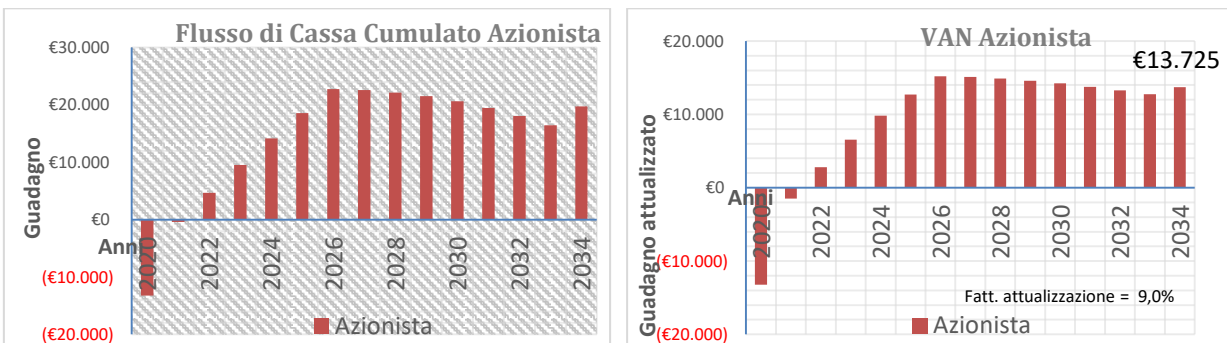
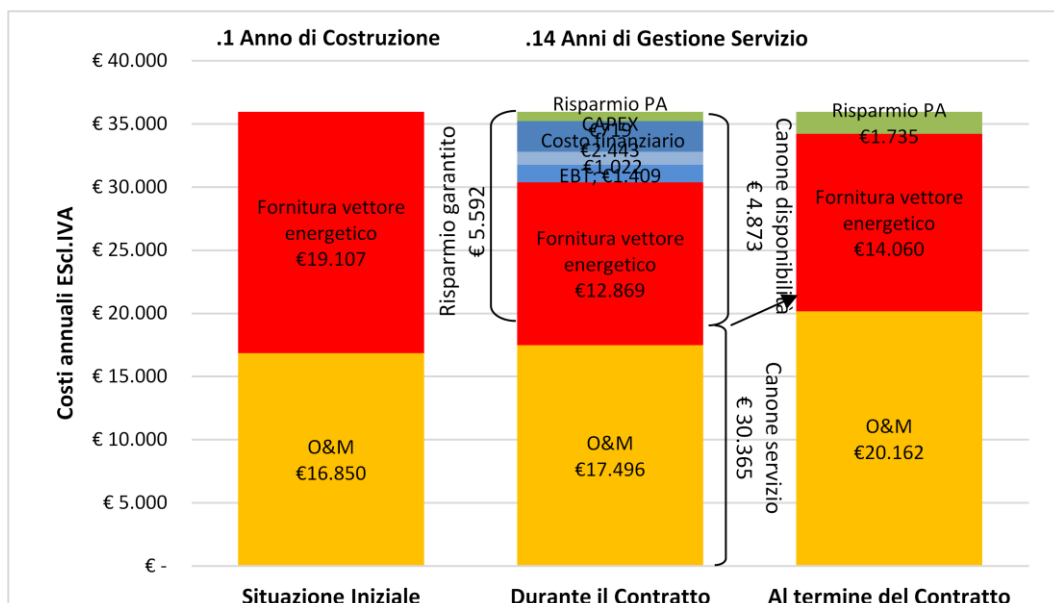


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.14.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO VALVOLE E SCALDACQUA

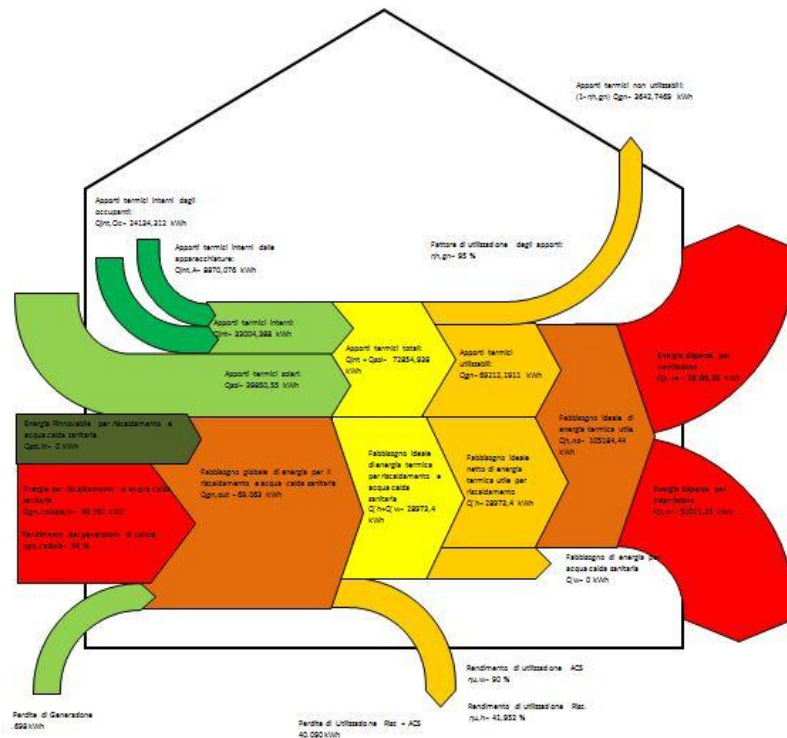
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	161.013,60 €	35.422,99 €	196.436,59 €
EEM2 Fornitura & Posa	34.411,50 €	7.570,53 €	41.982,03 €
EEM3 Fornitura & Posa	5.733,88 €	1.261,45 €	6.995,34 €
EEM4 Fornitura & Posa	5.446,80 €	1.198,30 €	6.645,10 €
Costi per la sicurezza	6.198,17 €	1.363,60 €	7.561,77 €
Costi per la progettazione	14.462,40 €	3.181,73 €	17.644,13 €
TOTALE (I₀)	227.266,36 €	49.998,60 €	277.264,96 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	18.529,70 €	4.925,62 €	23.455,32 €
EEM2 O&M	10.116,66 €	20.982,74 €	31.099,41 €
EEM3 Fornitura & Posa	18.529,70 €	4.925,62 €	23.455,32 €
EEM4 Fornitura & Posa	18.529,70 €	4.925,62 €	23.455,32 €
TOTALE (C_M)	18.529,70 €	4.925,62 €	23.455,32 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	111.605,98 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		22.321,20 €	

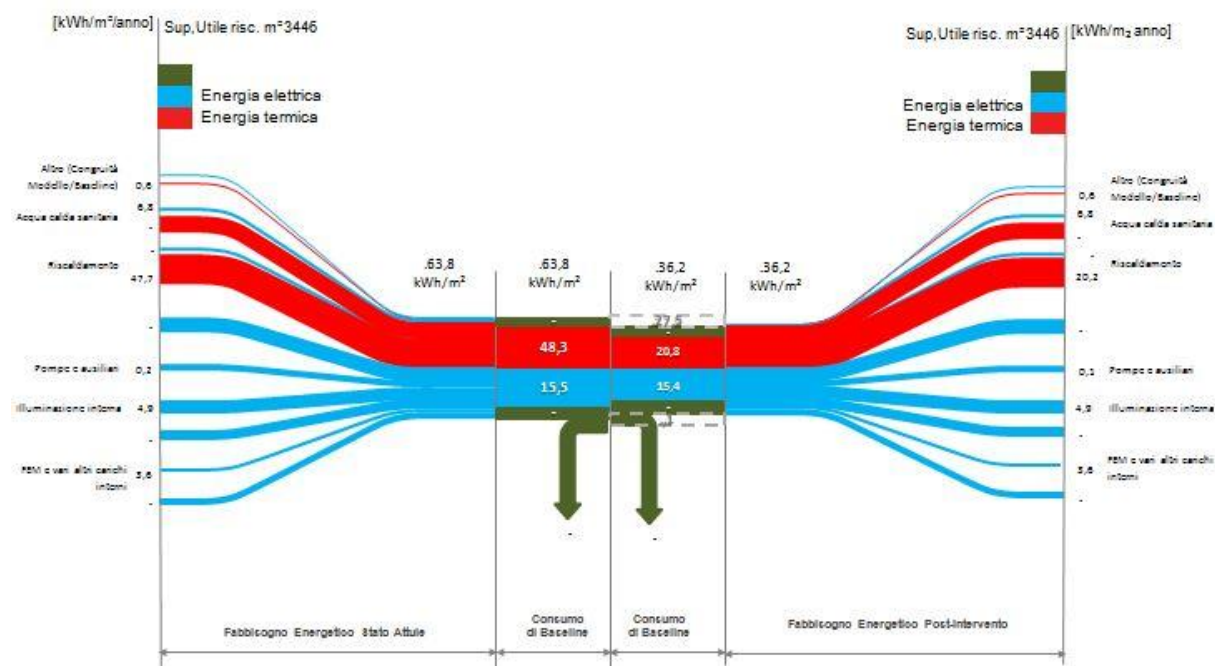
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.15 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito.

Figura 9.16 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



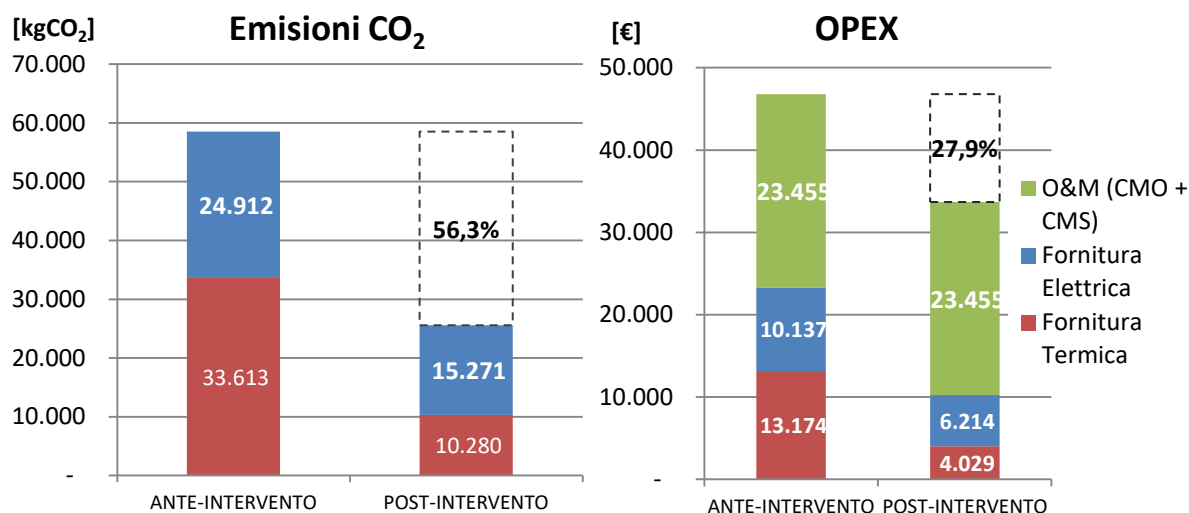
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.17.

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO VALVOLE E SCALDACQUA

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	2,01	0,22	89,1%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,91	0,22	88,5%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	66	99	33,3%
EEM4 - Rendimento di generazione	[-]	0,7	5,53	87,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	164.360	50.267	69,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	53.536	32.817	38,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	166.403	50.892	69,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	53.344	32.699	38,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.613	10.280	69,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.912	15.271	38,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.525	25.551	56,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	13.174	4.029	69,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	10.137	6.214	38,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.311	10.243	56,1%
C_{MO}	[€]	18.530	18.530	0,0%
C_{MS}	[€]	4.926	4.926	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	23.455	23.455	0,0%
OPEX	[€]	46.766	33.698	27,9%
Classe energetica	[-]	G	C	+4 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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.17 – 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 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– INVOLUCRO VALVOLE E SCALDACQUA

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	19
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 277.265
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 8.318
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 285.583
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 228.466

Equity	I_E	€	57.117
Fattore di annualità Debito	FA_D		13,50
Rata annua debito	q_D	€	16.926
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	321.598
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	93.132

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	19.107
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	16.850
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	35.957
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		56,1%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	8.238
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	131.059
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	14.456
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		-6,79%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	808
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	3.880
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	5.166
Canone O&M €/anno	CnM	€	17.945
Canone Energia €/anno	CnE	€	9.774
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	27.719
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	8.238
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	35.957
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	49.999
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	111.606
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, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		14,26
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		29,67
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	-€	10.550
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		3,37%
Indice di Profitto	IP		-3,81%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		14,72
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		3,25
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	4.554
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > ke$		5,87%

Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,008
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,600
Indice di Profitto Azionista	IP	1,64%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

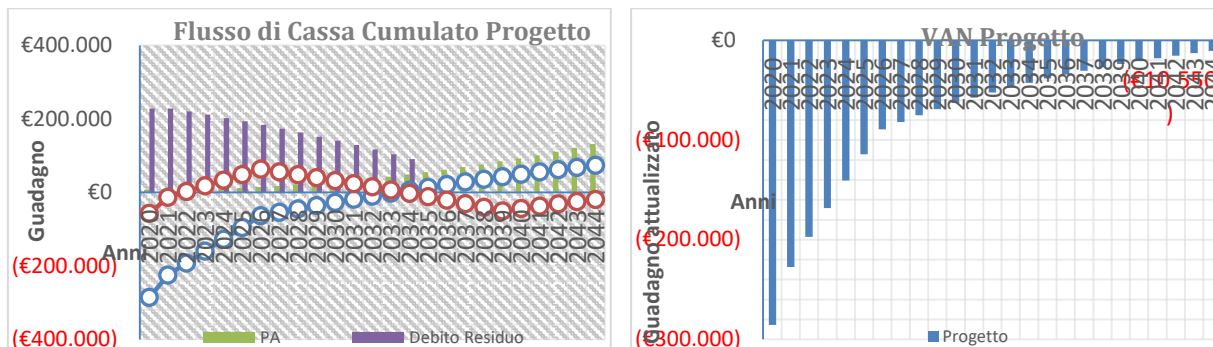
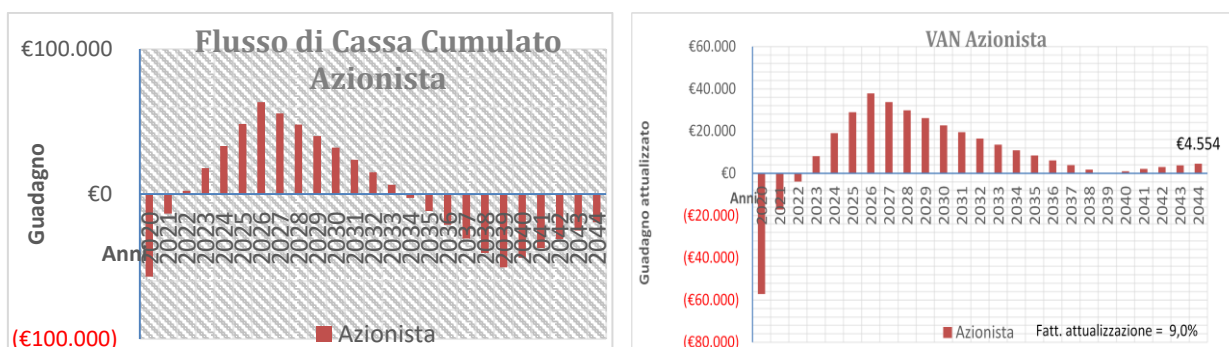
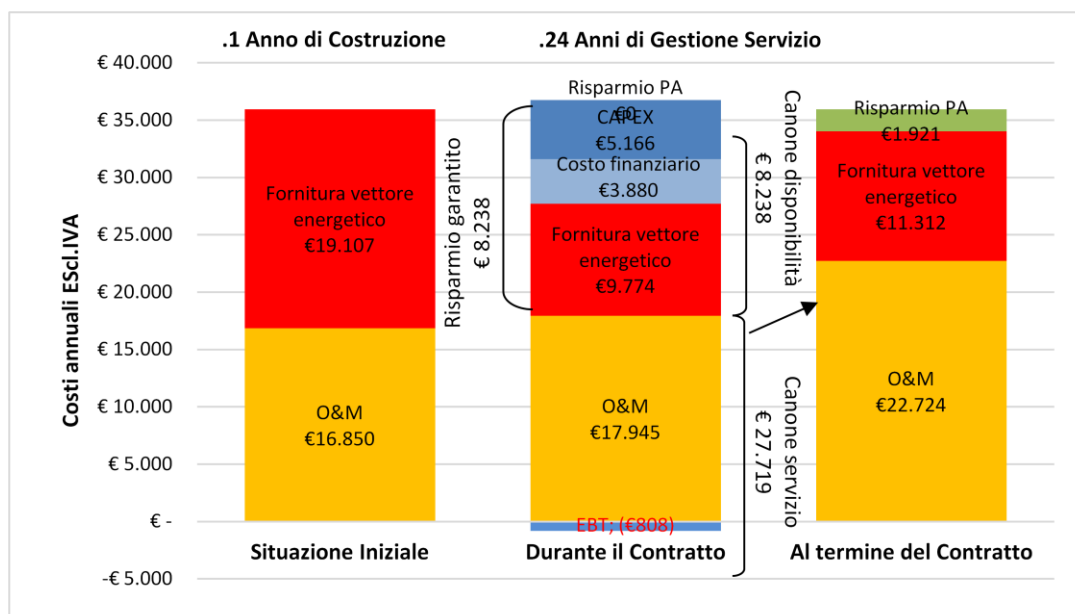


Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.20.

Figura 9.20 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Sono stati individuati i seguenti scenari, che forniscono i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: ISOLAMENTO COPERTURA VALVOLE E SCALDACQUA:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM 2, EEM 3 e EEM 4.
- **Scenario 2: INVOLUCRO VALVOLE E SCALDACQUA:** Tale scenario consiste nella realizzazione di tutti e quattro gli interventi proposti.

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,91	0,22	88,5%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	66	99	33,3%
EEM4 - Rendimento di generazione	[-]	0,7	5,53	87,3%
Q _{teorico}	[kWh]	164.360	100.753	38,7%
EE _{teorico}	[kWh]	53.536	33.007	38,3%
Q _{baseline}	[kWh]	166.403	102.005	38,7%
EE _{baseline}	[kWh]	53.344	32.888	38,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.613	20.605	38,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.912	15.359	38,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.525	35.964	38,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.174	8.076	38,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	10.137	6.250	38,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.311	14.326	38,5%
C _{MO}	[€]	18.530	18.530	0,0%
C _{MS}	[€]	4.926	4.926	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	23.455	23.455	0,0%
OPEX	[€]	46.766	37.781	19,2%
Classe energetica	[-]	G	E	+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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	2,01	0,22	89,1%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,91	0,22	88,5%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	66	99	33,3%

EEM4 - Rendimento di generazione	[-]	0,7	5,53	87,3%
Q _{teorico}	[kWh]	164.360	50.267	69,4%
EE _{teorico}	[kWh]	53.536	32.817	38,7%
Q _{baseline}	[kWh]	166.403	50.892	69,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	53.344	32.699	38,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.613	10.280	69,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.912	15.271	38,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.525	25.551	56,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.174	4.029	69,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	10.137	6.214	38,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.311	10.243	56,1%
C _{MO}	[€]	18.530	18.530	0,0%
C _{MS}	[€]	4.926	4.926	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	23.455	23.455	0,0%
OPEX	[€]	46.766	33.698	27,9%
Classe energetica	[-]	G	C	+4 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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	38,5	38,5	8.986	-	-	64.263	2,08	2,34	15	13.725	54,97	21,36	1,336	0,89
SCN 2	56,1	56,1	13.068	-	-	277.265	14,7	3,25	25	4.554	5,87	1,64	1,008	0,60

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di quattro classi energetiche, ed in particolare per l'edificio in esame dalla G alla C**, attraverso lo scenario proposto numero 2 e concernente le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità rilevate dal punto di vista edilizio ed impiantistico.

Lo scenario numero 2, seppur rappresenti quello con il miglior risultato in termini di efficientamento energetico, si precisa che sarebbe allo stesso tempo poco appetibile per una ESCo.

Per quanto concerne il risparmio di CO₂ equivalente si stima **una riduzione complessiva di 32.974 kg CO₂**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico sarebbe possibile risparmiare 169.937 kWh.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto.n5- E1148_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1148_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici DE_Lotto.n5 – E1148_rev D-Elaborati grafici diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto.n5 – E1148_rev D-Elaborati grafici posizione impianti e contatori DE_Lotto.n5 – E1148_rev D-Elaborati grafici schema CT DE_Lotto.n5-E1148_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto.n5-E1148_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto.n5-E1148_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1148_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1148_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1148_rev D-ALLEGATO D_Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1148_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto.n5 – E1148_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	18/05/18	DE_Lotto.n5 – E1148_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	18/05/18	DE_Lotto.n5 – E1148_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	18/05/18	DE_Lotto.n5 – E1148_rev C-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	18/05/18	DE_Lotto.n5 – E1148_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML) con firma digitale	18/05/18	DE_Lotto.n5 – E1148_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML.P7M

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1148_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1148_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1148_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1148_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1148_rev D-ALLEGATO K_ schede ORE

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PEF scenari di intervento	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1148_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1148_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM