

Scuola elementare e media "TEGLIA", Scuola materna statale "8 MARZO"

E1198

VIA TEGLIA 2 B

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Scuola elementare e media “TEGLIA”, Scuola materna statale “8 MARZO”

E1198

VIA TEGLIA 2B

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
PAGINA.....	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>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
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>	24
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	26
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	27
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	27
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	28
5 CONSUMI RILEVATI	30
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	30
5.1.1 <i>Energia termica</i>	30
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	33
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	38
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	43
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	43
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	44
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	45
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	46
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	47
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	49
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	49
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	52
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	57



7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	58
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	58
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	60
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	60
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	60
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	62
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	68
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	68
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	69
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	69
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	70
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	77
9.3.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO</i>	80
9.3.1	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	85
10	CONCLUSIONI	91
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	91
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	91
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	92
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		1
ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI		1
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....		2
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....		2
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....		2
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		2
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		2
ALLEGATO N – CD-ROM		2

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		1909 (blocco scuola primaria) 1976 (blocco scuola media e materna)
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.636
Superficie disperdente (S)	[m ²]	7.563
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	18.385
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.019
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.019
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	550
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	5
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	96,342
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rit} /anno]	308.437
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	23.862
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{rel} /anno]	72.885
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.739

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento copertura estradosso;
- EEM 2: Installazione generatore di calore a condensazione;
- EEM 3: Installazione di valvole termostatiche;
- EEM 4: Installazione di circolatori a giri variabili.

- SCN 1: IMPIANTO (EEM2+3+4);
- SCN2: INVOLUCRO E IMPIANTO (EEM1+2+3).

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 _C o ₂	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	9,2	9,2	3.384	-	-	105.312	15,7	28,0	30	1.435	4,2	0,01	-	-
EEM 2	28,1	28,1	10.381	2.004	533	43.447	2,6	2,9	15	98.391	33,4	2,26	-	-
EEM 3	10	10	3.706	-	-	6.246	1,8	1,9	15	29.487	52,7	4,72	-	-
EEM 4	5,2	5,2	2.019	-	-	12.832	6,4	7,6	15	7.921	12,6	0,62	-	-
SCN 1	42,4	42,4	15.751	2.004	533	62.524	2,2	2,45	-	51.804	64,05	82,85	1,325	3,849
SCN 2	44,5	44,5	16.406	2.004	533	155.004	4,14	10,78	-	6.368	15,04	4,11	1,087	1,055

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

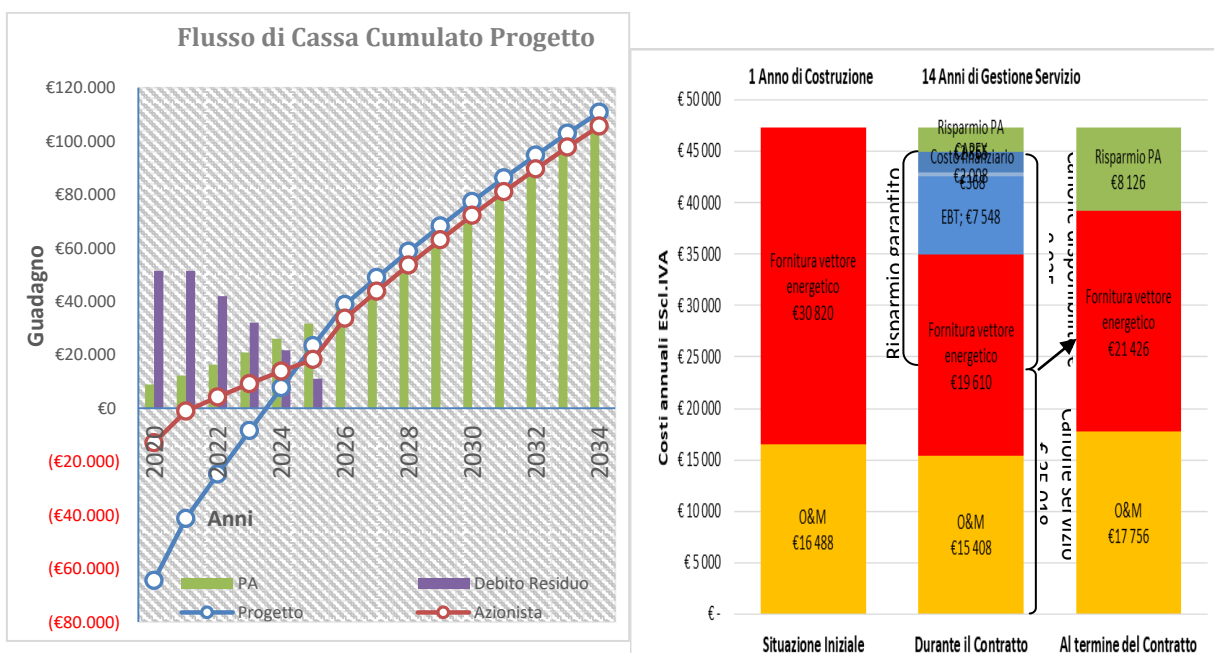
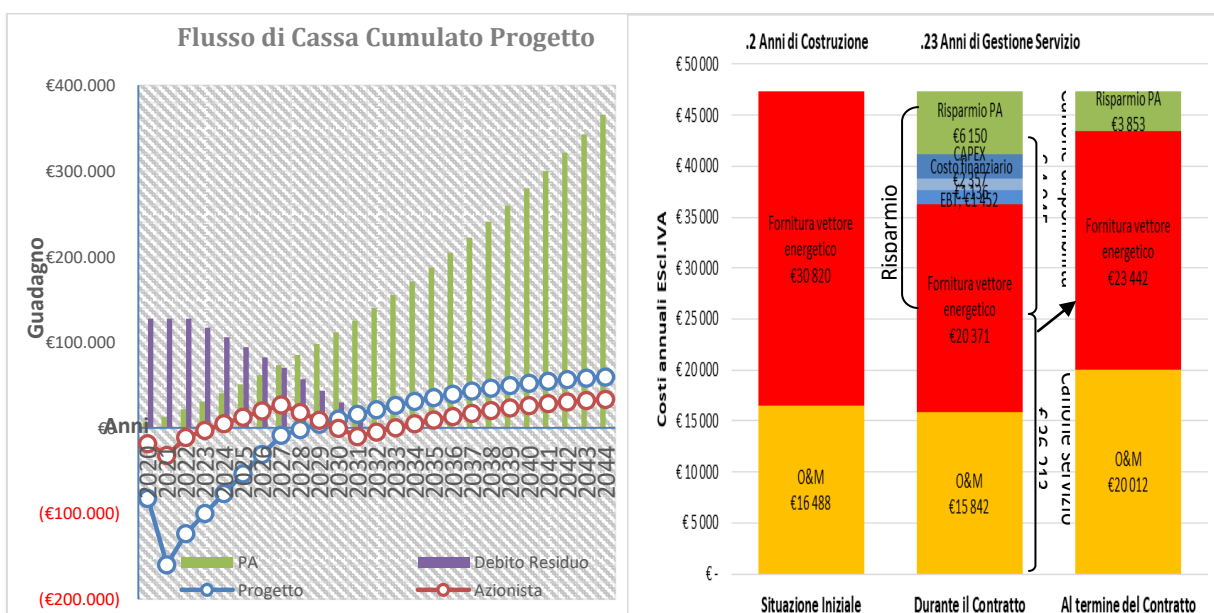


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di due classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla G alla E**, attraverso entrambi gli scenari proposti e 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 dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico.

Tuttavia, lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere lo scenario 1, che prevede l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione dei generatori con tre a



condensazione, un sistema di regolazione e controllo della temperatura per ogni singolo ambiente e l'installazione di circolatori a giri variabili. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 42.827 kg CO2.**

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 223.809 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 est nel punto di raccordo tra edificio scuola primaria ed edificio scuola secondaria di I grado e materna



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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂.

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita 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 NCT sezione D, F. 24 Mapp. 210 per la parte realizzata nel 1909 è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Rivarolo, un quartiere di Genova nella bassa Val Polcevera, compreso tra i quartieri di Sampierdarena e Cornigliano a sud, Bolzaneto a nord, Sestri Ponente ad ovest. Comune autonomo fino al 1926, Rivarolo nella nuova ripartizione in vigore dal 2005 è una "unità urbanistica" del Municipio V Valpolcevera.

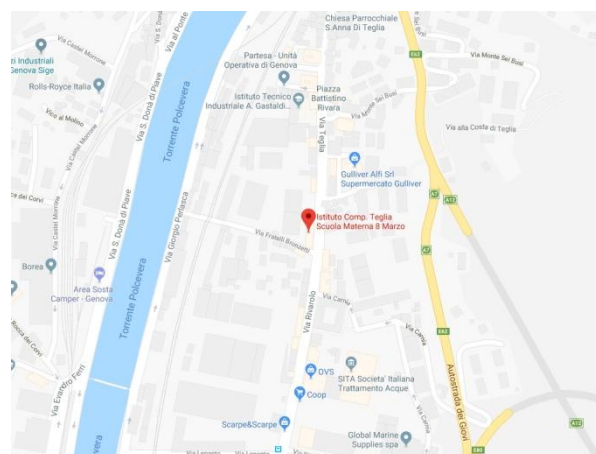
Con riferimento ai dati catastali si precisa nei documenti forniti dal Comune di Genova (struttura di staff – energy manager) la particella risultava erroneamente essere la 209 anziché la 210 e che, in ogni caso tali dati si riferiscono solo alla parte di scuola risalente al 1909, mentre la rimanente parte degli anni 70 non risulta accatastata.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola primaria, secondaria di primo grado e scuola dell'infanzia.

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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1909 (blocco scuola primaria) 1976 (blocco scuola media e materna)
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.636
Superficie disperdente (S)	[m ²]	7.563
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	18.385
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.019
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	-
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.019
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	550
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	5
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	96,342
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rit} /anno]	308.437
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	23.862
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	72.885
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.739

Nota (1): Valori di Baseline

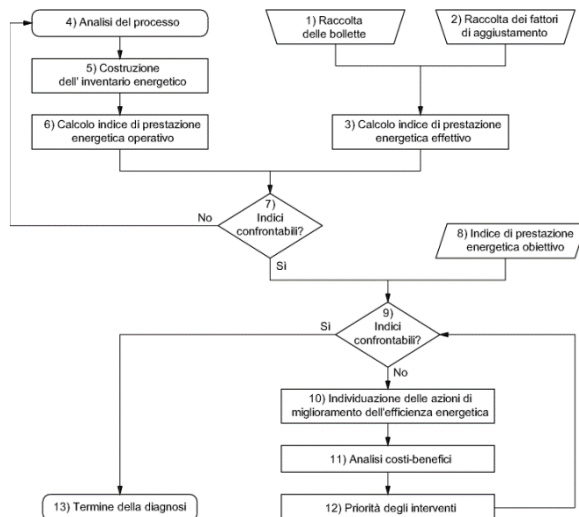
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 4-5/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di Audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale 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;

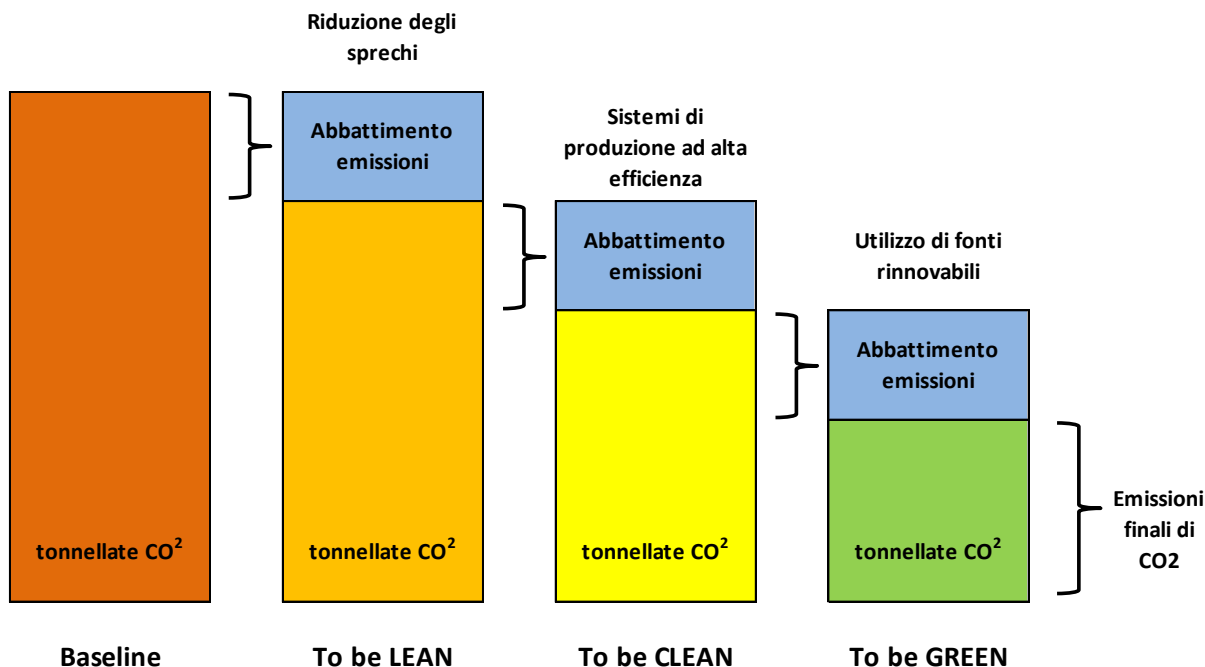
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{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:

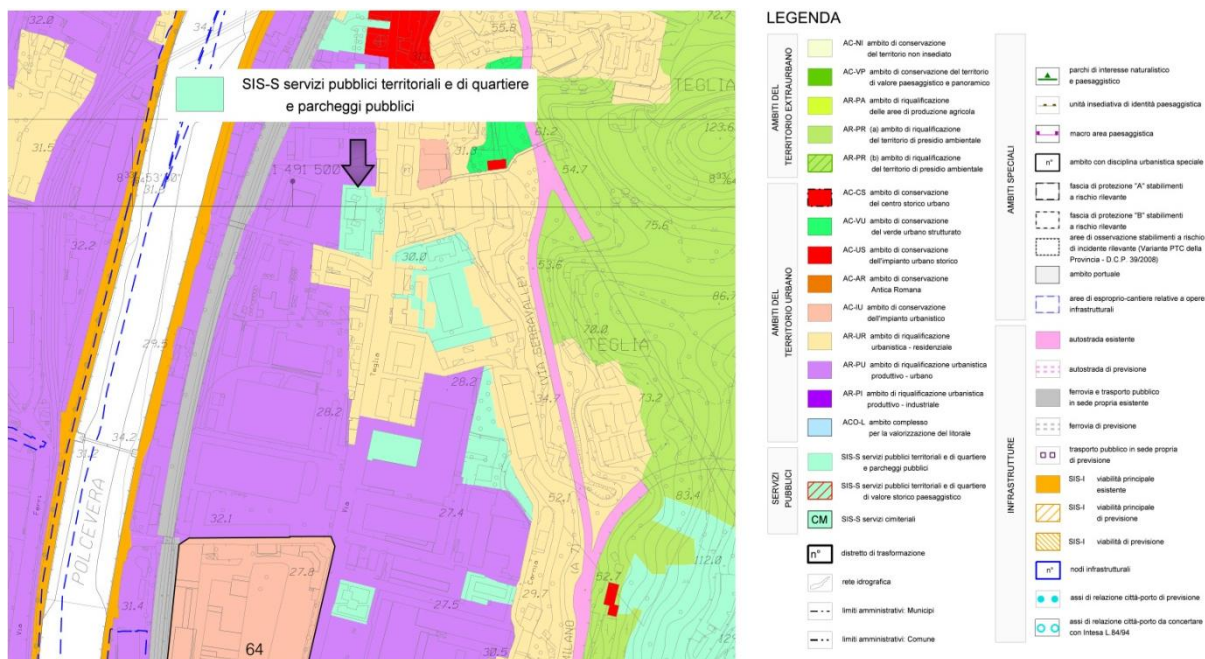
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015 (ultimo aggiornamento 25/10/17), classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio è localizzato a Rivarolo, un'unità urbanistica compresa tra i quartieri di Sampierdarena e Cornigliano a sud, Bolzaneto a nord, Sestri Ponente ad ovest. Ad est il crinale sinistro della Val Polcevera, sul quale corre la lunga cortina delle mura seicentesche di Genova divide Rivarolo da San Teodoro, Oregina e Staglieno, ma non esistono strade di collegamento dirette con questi quartieri. Rivarolo si trova sulla sinistra del torrente, lungo la ex Strada statale 35 dei Giovi. Sull'argine che divide gli abitati dal torrente, costruito intorno alla metà dell'Ottocento, corre la linea ferroviaria Genova-Torino.

L'edificio scolastico è formato da due blocchi, uno risalente al 1909 e l'altro realizzato negli anni 70, ed è stato ristrutturato nel tempo sempre in maniera parziale (cambio infissi solo nel blocco più vecchio circa dieci anni fa, sostituzione di controsoffitti, riparazione dell'impianto termico in seguito ad una rottura al piano terra del blocco degli anni 70 nel 2017, ecc.).

L'edificio ospita, nella parte dei primi del novecento la scuola primaria “Teglia” con il polo RES localizzato al piano terra e nella parte degli anni 70 al piano terra la scuola materna “8 marzo” e ai piani superiori la scuola secondaria di I grado “Teglia”.

Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli.

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.

La scuola per l'infanzia “8 Marzo” è costituita da quattro sezioni con bambini di età eterogenea a tempo pieno (100 bambini). La scuola secondaria di I grado “Teglia” ospita invece 12 classi (252 bambini) mentre la scuola primaria “Teglia” ha 10 classi (213 bambini).

Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 565 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 oggetto della DE, è disposto su quattro livelli principali dal lato scuola primaria con ingresso sul lato ovest: al piano terra ci sono l'atrio di ingresso e le due sezioni (una di primaria e una di secondaria) Polo Risorse Educative Speciali frequentate da alunni con pluridisabilità gravi, con gli spazi utilizzati sia per interventi educativi individualizzati, sia per attività laboratoriali di integrazione con tutti gli alunni della scuola; al piano primo ci sono gli uffici di segreteria e presidenza, la sala riunioni, l'archivio, l'aula computer e i servizi igienici; al secondo ci sono le aule didattiche, due aule deposito e i servizi igienici; al terzo ci sono le aule didattiche e i servizi igienici. Dal lato scuola dell'infanzia/scuola media, sempre disposta su quattro livelli, troviamo al piano seminterrato il refettorio, la cucina, gli spogliatoi e i servizi per il personale e per i bambini, oltre alla palestra con spogliatoi e servizi igienici; al piano terra ci sono l'atrio di ingresso (fronte est), le aule didattiche della scuola materna e i servizi igienici; al piano primo e secondo ci sono le aule didattiche e speciali della scuola media e i servizi igienici.

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



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

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

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	Refettorio, dispensa, cucina, refettorio, palestra, spogliatoi, spogliatoi e servizi igienici	[m ²]	799	621	-
Terra	Ingresso scuola materna e scuola media fronte est, aule didattiche materna e servizi igienici, ingresso scuola primaria, aule RES, piccolo refettorio, sala medica e servizi igienici	[m ²]	950	876]	-
Primo	Aule didattiche e speciali scuola media, uffici segreteria, presidenza, sala riunioni, archivio, aula pc e servizi igienici	[m ²]	917	872	77

Secondo	Aule didattiche, laboratori e biblioteca scuola media e servizi igienici (blocco nord), aule didattiche e speciali scuola primaria e servizi igienici (blocco sud)	[m ²]	918	872	-
Terzo	Aule didattiche e speciali scuola primaria e servizi igienici (blocco sud)	[m ²]	435	395	-
TOTALE		[m ²]	4.019	3.636	77

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, composto da una parte dei primi del 900 e da una parte degli anni 70, non è classificato come **bene di interesse Storico ed Artistico Particolarmente Importante**, pertanto, nell'analisi delle EEM non si è resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti

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.

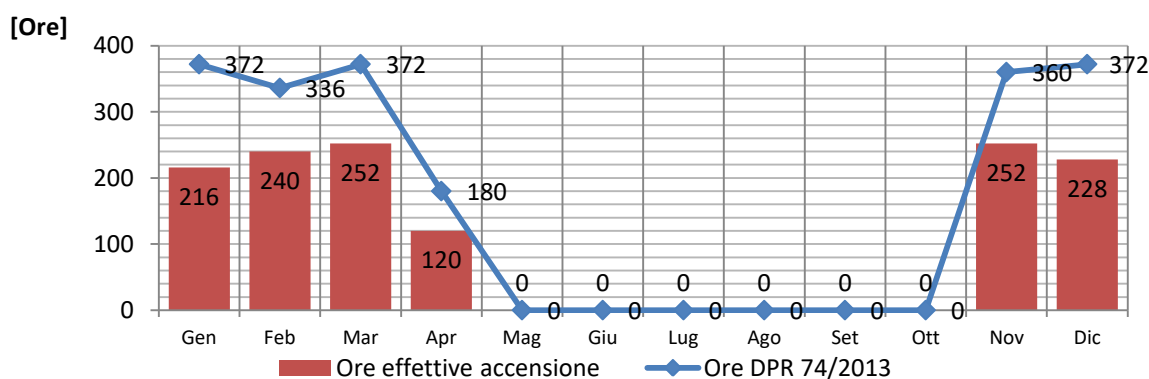
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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

Tabella 2.2 – 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}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
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

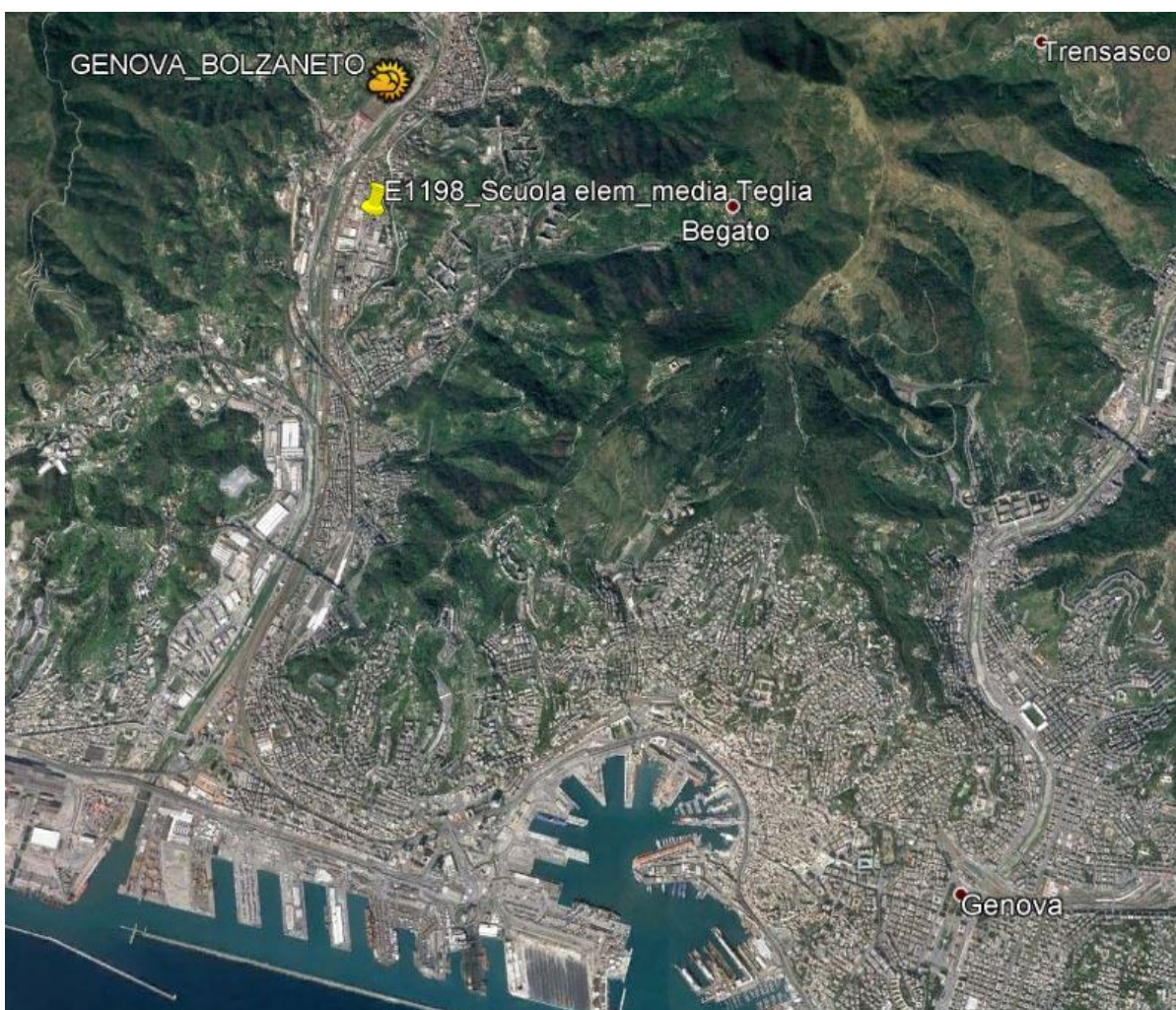
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

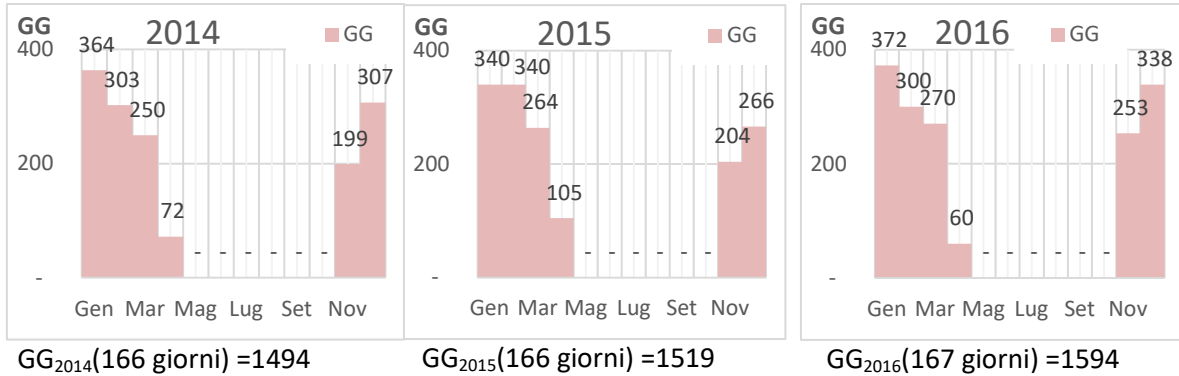


3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

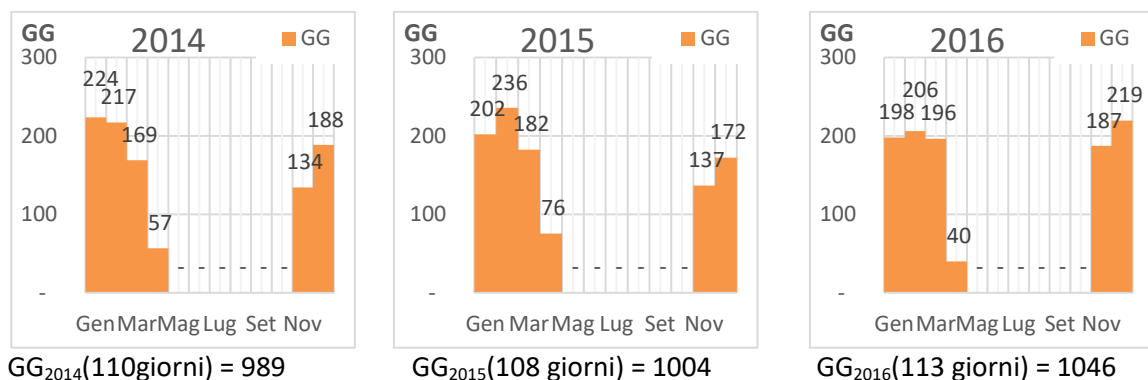


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto 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 per il blocco dei primi del 900 da una muratura portante in pietrame misto con spessori decrescenti dal basso verso l’alto, che vanno da 70 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 a volte sono alloggiati i radiatori. L’ultimo piano di questo blocco, aggiunto in un’epoca successiva, presenta una muratura a cassetta in blocchi di cls senza isolamento.

I solai sono in laterocemento e la copertura è piana e priva di isolamento.

La parte di edificio degli anni 70 presenta, invece, ha una struttura a telaio con tamponamenti esterni realizzati con pannelli sandwich prefabbricati a ridotto spessore, circa 8 cm, con finitura in resina e interposto strato isolante. I solai sono prefabbricati in metallo e la copertura è piana e priva di isolamento.

In tutto l’edificio sono presenti controsoffitti.

Figura 4.1 – Vista corridoio primo piano (lato scuola primaria) con spessore muratura esterna e controsoffitti

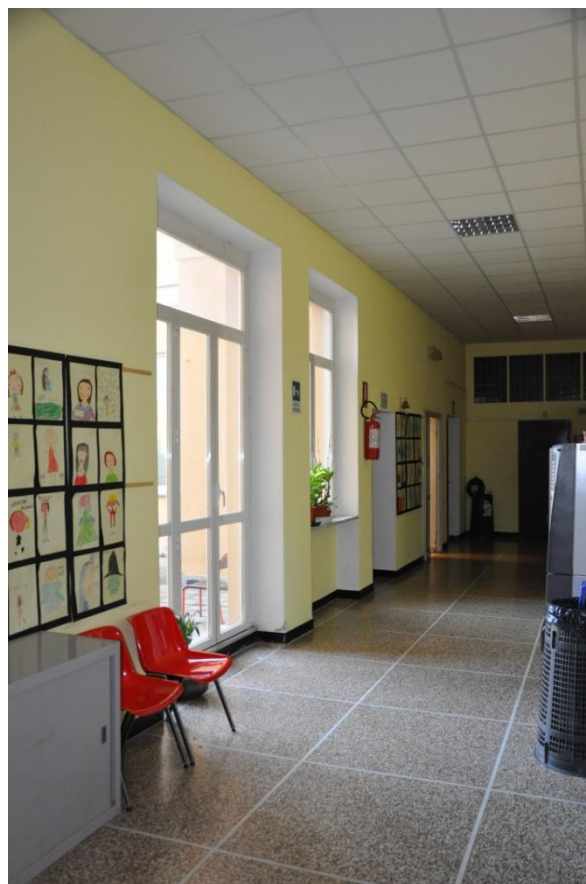


Figura 4.2 - Particolare del solaio del terzo piano lato scuola primaria

La soluzione realizzativa che presenta le maggiori criticità è quella a telaio con pannelli prefabbricati della parte di edificio realizzata negli anni settanta. Infatti, in questa parte di edificio ci sono problemi di eccessivo raffreddamento e surriscaldamento con scarsa tenuta all’aria dell’involucro. A piano seminterrato sono presenti muffe e infiltrazioni.



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 est (lato scuola primaria)



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio controterra	SL13	[34,5]	[assente]	[2,02]	[discreto]
Solaio copertura piana (Blocco anni 70)	SL05	[43,2]	[assente]	[2,01]	[mediocre]
Solaio copertura palestra (Blocco anni 70)	SL06	[15,0]	[assente]	[3,57]	[pessimo]
Solaio di copertura (Blocco primi 900)	SL08	[31,9]	[assente]	[1,66]	[discreto]
Parete esterna (Blocco anni 70)	[MR01]	[8]	[PUR]	[0,47]	[pessimo]
Parete esterna con controparete (Blocco anni 70)	[MR03]	[37,5]	[PUR]	[0,33]	[mediocre]
Parete in cls (Blocco anni 70)	[MR08]	[28]	[assente]	[3,04]	[mediocre]
Parete esterna (Blocco primi 900)	[MR10]	[60]	[assente]	[2,008]	[discreto]
Parete esterna (Blocco primi 900)	[MR12]	[50]	[assente]	[2,25]	[discreto]
Parete esterna (Blocco primi 900)	[MR16]	[30]	[assente]	[2,98]	[discreto]

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 PVC con vetrocamera per il blocco della scuola primaria e in alluminio senza taglio termico e vetro singolo. Nella palestra ci sono infissi in ferro con vetro singolo. Gli infissi non presentano un sistema di schermatura esterno. In alcune aule ci sono tende interne bianche.

In generale, tutti gli infissi del blocco degli anni settanta presentano problemi di tenuta all’aria e all’acqua e sono in pessimo stato di conservazione.

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 del fronte est (lato scuola media e materna)



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 due ante (Blocco primi 900)	WN01	[1,30x1.70]	PVC	Vetrocamera	3,00	discreto
Serramento a tre ante (Blocco primi 900)	WN02	[2.00x1.70]	PVC	Vetrocamera	3,02	discreto
Serramento ad un'anta (Blocco primi 900)	WN03	[0.95x1.70]	PVC	Vetrocamera	2,98	discreto
Serramento ad un'anta (Blocco anni 70)	WN10	[1.05x0.80]	alluminio	singolo	6,15	peissimo
Serramento a due ante (Blocco anni 70)	WN14	[2.10x1.60]	alluminio	singolo	5,91	peissimo
Serramento a due ante (Blocco anni 70)	WN21	[1.00x1.25]	alluminio	singolo	5,66	peissimo
Serramento ad un'anta palestra	WN24	[1.00x2.10]	metallo	singolo	6,11	peissimo

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua. Sono presenti due generatori di calore a basamento alimentati a gas metano, due gruppi di circolazione costituiti da pompe gemellari a giri fissi, un sistema di distribuzione a colonne montanti e un sistema di emissione a radiatori.

Per la climatizzazione invernale/estiva di due uffici della scuola elementare sono presenti due impianti ad espansione diretta con unità interne a parete.

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;
- Split a parete.

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori erano in funzione a pieno regime.

Figura 4.6 - Particolare di un radiatore installato in un corridoio



Figura 4.7 – Particolare di un aerotermo installato in palestra



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%
Scuola Materna	Radiatori su parete interna	93%
Scuola Elementare	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Scuola Elementare	Radiatori su parete interna	93%
Scuola Media	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Scuola Media	Radiatori su parete interna	93%
Scuola Media	Aerotermo	90%

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

Tabella 4.4 – Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

ZONA TERMICA	PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]	
Scuola Materna	Terra	Su parete esterna non isolata	2	1,90	3,80	-	-	
		Su parete interna	2	1,90	3,80	-	-	
		Su parete esterna non isolata	6	1,34	8,04	-	-	
		Su parete interna	8	0,97	7,76	-	-	
		Su parete esterna non isolata	1	0,97	0,97	-	-	
		Su parete interna	1	0,50	0,50	-	-	
		Su parete esterna non isolata	1	1,9	1,90	-	-	
Scuola Elementare	Terra	Su parete esterna non isolata	4	1,62	6,48	-	-	
		Su parete esterna non isolata	6	3,24	19,44	-	-	
		Su parete interna	3	1,08	3,24	-	-	
		Su parete interna	1	1,62	1,62	-	-	
		Su parete esterna non isolata	1	1,08	1,08	-	-	
		Su parete interna	2	2,50	5,00	-	-	
		Su parete interna	2	0,95	1,90	-	-	
		Su parete interna	1	1,03	1,03	-	-	
		Su parete esterna non isolata	1	2,50	2,50	-	-	
		Su parete interna	1	2,69	2,69	-	-	
		Primo	Su parete esterna non isolata	5	1,43	7,15	-	-
			Su parete esterna non isolata	6	2,85	17,10	-	-
			Su parete interna	1	0,69	0,69	-	-
			Su parete interna	1	0,56	0,56	-	-
	Su parete interna		1	0,83	0,83	-	-	
	Su parete interna		1	0,90	0,90	-	-	
	Su parete esterna non isolata		1	1,33	1,33	-	-	
	Split a parete		2	-	-	2,17	4,33	
	Secondo		Su parete esterna non isolata	6	2,85	17,10	-	-
			Su parete interna	5	1,43	7,15	-	-
			Su parete interna	2	0,62	1,24	-	-
			Su parete interna	2	0,83	1,66	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,44	1,44	-	-	
		Terzo	Su parete esterna non isolata	6	1,95	11,70	-	-
			Su parete esterna non isolata	1	1,96	1,96	-	-
			Su parete esterna non isolata	5	2,09	10,45	-	-
Su parete esterna non isolata			2	1,96	3,92	-	-	
Su parete esterna non isolata			1	0,84	0,84	-	-	
Su parete interna	1		1,63	1,63	-	-		
Su parete esterna non isolata	1		1,14	1,14	-	-		
Su parete interna	1		1,12	1,12	-	-		

		Su parete interna	2	3,26	6,52	-	-
Scuola Media	Seminter-rato	Su parete esterna non isolata	4	1,90	7,60	-	-
		Su parete interna	3	1,35	4,05	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	1,00	2,00	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,58	1,58	-	-
		Su parete interna	4	1,90	7,60	-	-
		Su parete interna	1	0,92	0,92	-	-
		Su parete interna	2	0,49	0,98	-	-
		Su parete interna	1	1,00	1,00	-	-
		Aerotermino	3	4,88	14,64	-	-
	Terra	Su parete interna	1	1,29	1,29	-	-
	Primo	Su parete esterna non isolata	6	1,90	11,40	-	-
		Su parete interna	1	1,90	1,90	-	-
		Su parete esterna non isolata	6	1,32	7,92	-	-
		Su parete interna	6	0,97	5,82	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,35	1,35	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	0,54	0,54	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	0,98	0,98	-	-
		Su parete interna	1	1,63	1,63	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	1,63	3,26	-	-
		Su parete interna	1	0,81	0,81	-	-
	Secondo	Su parete esterna non isolata	17	1,90	32,30	-	-
		Su parete interna	3	1,90	5,70	-	-
		Su parete interna	1	1,03	1,03	-	-
		Su parete esterna non isolata	3	1,12	3,36	-	-
		Su parete interna	1	1,12	1,12	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,01	1,01	-	-
		Su parete interna	1	0,81	0,81	-	-
		Su parete interna	1	0,98	0,98	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	0,62	0,62	-	-
TOTALE			174		292,38		4,33

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 è assunta pari a 31,0°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo.

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.

Figura 4.8 - Centralina di controllo situata all’interno della centrale termica

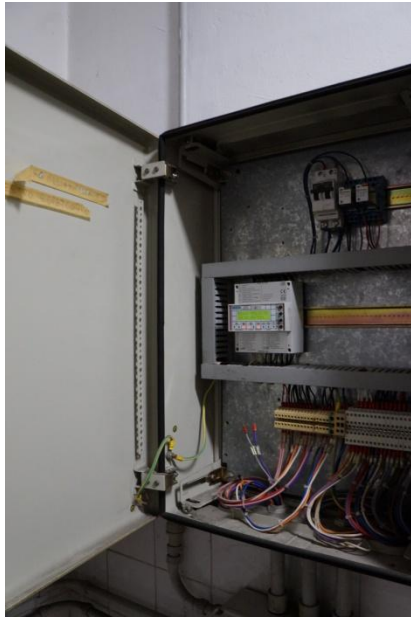
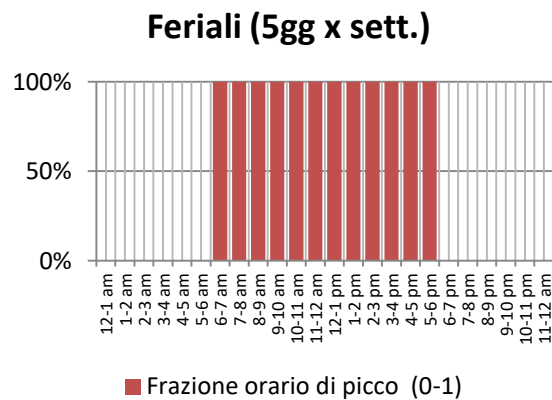


Figura 4.9 - Particolare della centralina di controllo in centrale termica



Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per le zone termiche Scuola Materna, Scuola Elementare, Scuola Media



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	Climatica centralizzata on/off	75%
Scuola Elementare	Climatica centralizzata on/off	87%
Scuola Media	Climatica centralizzata on/off	88%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra i generatori di calore ed il collettori di mandata e di ritorno presenti in centrale termica.
- 2) Circuito secondario di collegamento tra i collettori in centrale termica ed i terminali d’emissione all’interno degli ambienti all’interno dell’edificio.

- 1) **Circuito primario:** sono presenti due pompe di circolazione nei tratti che collegano i generatori di calore ai collettori.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME			SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito primario I	P1	mandata acqua calda a collettore		n.d.	n.d.	0,115 (1)
Circuito primario II	P3	mandata acqua calda a collettore		n.d.	n.d.	0,115 (1)
TOTALE				n.d.	n.d.	0,230 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito primario I	Mandata	Caldo	60,5 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	51,0 (2)	60 (1)
Circuito primario II	Mandata	Caldo	67,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	60,0 (2)	60 (1)

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

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

- 2) **Circuito secondario:** sono presenti tre pompe di circolazione a servizio dei quattro circuiti secondari:

- Circuito 1;
- Circuito 2;

- Circuito 3;
- Circuito 4.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti secondari

	NOME	SERVIZIO	PORTATA m ³ /h	PREVALENZA m	POTENZA ASSORBITA kW
Circuito 1 e 2	P2	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri fissi)	n.d.	n.d.	1,150 (1)
Circuito 3	P4	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri fissi)	28,0 (1)	10,8 (1)	0,825 (1)
Circuito 4	P5	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri fissi)	23,0 (1)	7,7 (1)	0,405 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	2,380 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa.

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.9.

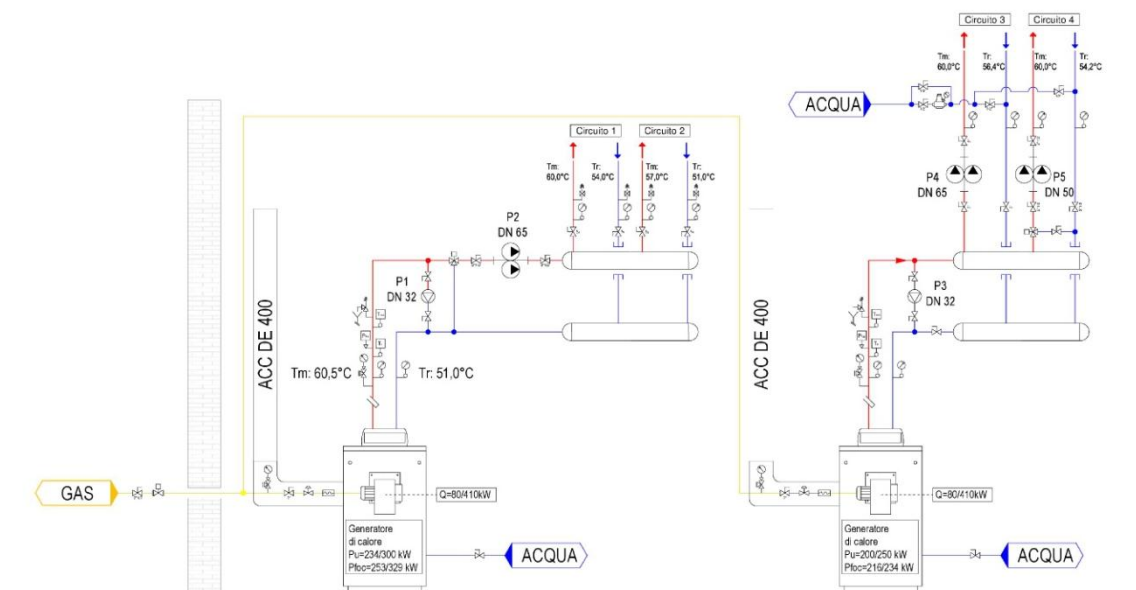
Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito 1	Mandata	Caldo	60,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	54,0 (2)	60 (1)
Circuito 2	Mandata	Caldo	57,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	51,0 (2)	60 (1)
Circuito 3	Mandata	Caldo	60,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	56,4 (2)	60 (1)
Circuito 4	Mandata	Caldo	60,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	54,2 (2)	60 (1)

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

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto



Al fine di registrare le temperature dei singoli tratti all'interno della CT si è provveduto ad un rilievo puntuale mediante un termometro del tipo digitale senza contatto ad infrarossi con puntatore laser – CLASSE IIIA.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89%. 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 generatori di calore a basamento alimentati a gas metano. Le caratteristiche dei due generatori sono di seguito elencate:

- Generatore con potenza utile 234/300 kW, potenza al focolare 253/329 kW di produzione UNICAL modello P300, anno di costruzione 1997.
- Generatore con potenza utile 200/250 kW, potenza al focolare 216/274 kW di produzione UNICAL modello P250, anno di costruzione 1997.

I bruciatori a servizio dei generatori di calore sono entrambi di marca BALTUR, modello TBG 25P con portata termica 80/410 kW, anno di costruzione 2014.

Figura 4.12 - Particolare dei generatori di calore presenti all'interno della CT



Figura 4.13 - Particolare di un generatore di calore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO/COP	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	UNICAL	P300	1997	329 (1)	300 (1)	91,9% (3)	0,150 (2)
Bru 1	Riscaldamento	BALTUR	TBG 25P	2014	-	410 (1)	-	0,540 (1)
Gen 2	Riscaldamento	UNICAL	P250	1997	274 (1)	250 (1)	90,7% (3)	0,150 (2)
Bru 2	Riscaldamento	BALTUR	TBG 25P	2014	-	410 (1)	-	0,540 (1)

Nota (1): Valore ricavato da dati di targa

Nota (2): Valore desunto da scheda tecnica di generatore di simili caratteristiche e stesso periodo di costruzione

Nota (3): Valore ricavato in sede di sopralluogo e desunto dal libretto di centrale

Nota (4): Valore desunto dalla scheda tecnica fornita dal produttore

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 77%.

Si sottolinea, che secondo quanto rilevato in sede di sopralluogo sul libretto di centrale, i rendimenti di combustione dei generatori di calore nella sezione relativa alla prova fumi sono pari a 91,9% per il Generatore 1, 90,7% per il Generatore 2, entrambi alla data 27/11/2017.

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

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso degli studenti e del personale dell’edificio.

Nella cucina a servizio della mensa scolastica è installata una caldaia murale alimentata a gas metano per la produzione di acqua calda sanitaria

Figura 4.14 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



Figura 4.15 - Particolare della caldaia murale per la produzione di ACS in cucina



Il numero complessivo di boiler elettrici installati e rilevati in sede di sopralluogo è pari a 3. I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – 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 DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo degli uffici della scuola elementare è effettuata grazie alla presenza di n.2 impianti monosplit con pompa di calore esterna e unità interna di emissione.

Figura 4.16 - Particolare del sistema monosplit



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
97%(1)	98%(1)	100%(1)	- (2)	218%(1)	207%(1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2) Sottosistema non presente.

L'elenco dei componenti dell'impianto di climatizzazione estiva rilevati 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 ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali 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 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
SCUOLA ELEMENTARE	ASCIUGAMANI ELETT.	5	1.600	8.000	100
	COMPUTER	13	220	2.860	400
	RADIO	1	100	100	200
	MICROONDE	2	1.000	2.000	100
	FRIGORIFERO	1	350	350	5520
	STAMPANTE MULTIFUNZIONE	1	300	300	100
	STAMPANTE	1	80	80	100
	DISTRIBUTORE	1	1.350	1.350	100

CAFFE'					
	DIST. CIBI E BEVANDE	1	500	500	5.520
	ASCENSORE	1	12.000	12.000	100
SCUOLA MEDIA	STUFE ELETTRICHE	2	2.000	4.000	100
	FRIGO CUCINA	1	500	500	5.520
	LAVASTOVIGLIE	1	2.400	2.400	400
	TRITACARNE	1	380	380	200
	FORNO	1	5.700	5.700	400
	CUOCIPASTA ELETT.	1	7.600	7.600	200
	LIM	3	340	1.020	400
	STAMP. MULTIF.	1	300	300	100
	STEREO	1	100	100	200
	DISTRIB. CAFFE'	1	1.350	1.350	100
	COMPUTER	7	220	1.540	400
	STAMPANTE	1	80	80	100
SCUOLA MATERNA	FRIGORIFERO	1	350	350	2.900

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.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon, alogene in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, nelle aule e nei servizi igienici;
- Proiettori alogeni installati nella palestra.

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.14.

Tabella 4.14 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
SCUOLA MEDIA	FARO ALOGENO	8	400	3200
	LAMP. EMERGENZA	8	18 (1X18)	144
	TUBOLARE	112	72(4X18)	8064
	TUBOLARE	23	72(2X36)	1656
	TUBOLARE	2	36(1X36)	72
	TUBOLARE	3	18(1X18)	54
	TUBOLARE	1	36(2X18)	36
	TUBOLARE	1	116(2X58)	116
SCUOLA ELEMENTARE	TUBOLARE	202	72(4X18)	14544
	TUBOLARE	4	36(1X36)	144
	LAMP. EMERGENZA	12	18 (1X18)	216

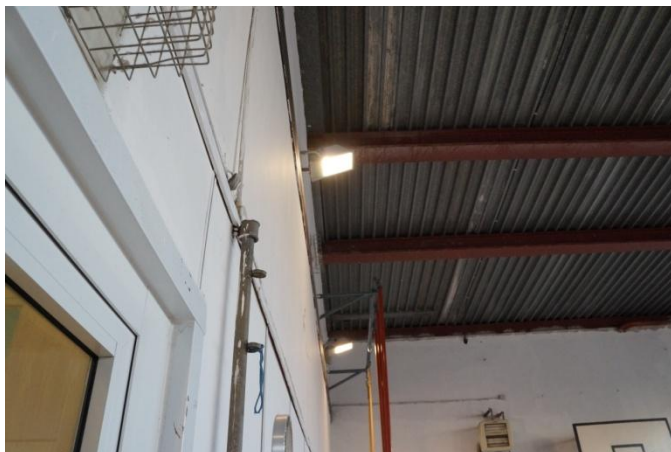
SCUOLA MATERNA	TUBOLARE	1	72(2X36)	72
	TUBOLARE	36	72(4X18)	2592

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 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in una zona di circolazione



Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in palestra



5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Gasolio;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, è il Gas Metano.

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

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

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

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

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

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

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base de 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	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[litri]	[Sm3]	[Sm3]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050600337	Riscaldamento	2.219	33.000	32.146	31.102	353.853	302.815	292.981
3270011638361	Produzione ACS cucina e uso cottura	2.875		2.717	2.587	27.083	25.592	24.369

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento per il PDR 3270011638361.

Per quanto che concerne il PDR 16220050600337, essendo attivo per l’edificio il servizio A del SIE3, non si è svolta l’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione in quanto non sono state fornite le bollette (non in possesso della PA).

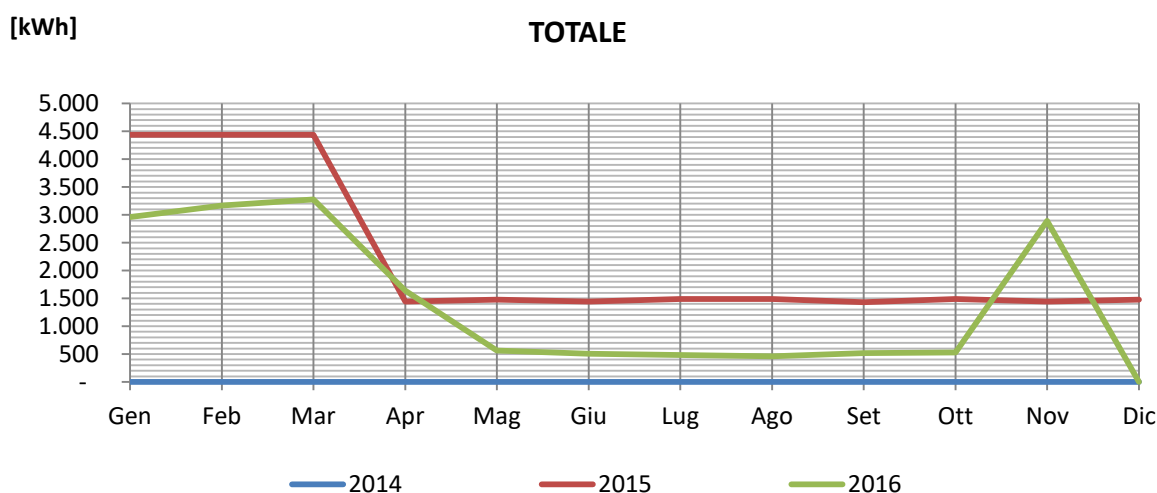
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 3270011638361	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Mese						
Gennaio	-	471	314	-	4.437	2.958
Febbraio	-	471	336	-	4.437	3.165
Marzo	-	471	348	-	4.437	3.278
Aprile	-	153	174	-	1.441	1.639
Maggio	-	157	60	-	1.479	565
Giugno	-	153	54	-	1.441	509
Luglio	-	158	51	-	1.488	480
Agosto	-	158	49	-	1.488	462
Settembre	-	152	55	-	1.432	518
Ottobre	-	158	56	-	1.488	528
Novembre	-	153	307	-	1.441	2.892
Dicembre	-	157	-	-	1.479	-
Totale	-	2.812	1.804	-	26.489	16.994

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 49 Sm³ e un valore di massimo prelievo pari 471 Sm³.

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}_{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} SU 110 GIORNI	GG ^{RIF} SU 110 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	989	905	37.553	353.850	357,9	323.806	-	27.083
2015	1.004	905	32.146	302.902	301,7	272.959	-	25.592
2016	1.046	905	31.102	293.065	280,1	253.372	-	24369
Media	1.013	905	33.600	316.606	312,6	282.756	-	25.681

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più all’aumento 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}	25.681
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	282.756
$Q_{baseline}$	308.437

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola Elementare;
- Scuola Materna;
- Scuola Media.

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]
IT001E00096812	Scuola elementare	30.037	30.599	27.908	29.515
IT001E00096813	Scuola Materna/Media	36.463	45.412	40.799	40.891
TOTALE		66.500	76.011	68.707	VALORE MEDIO FATTURATO 70.406

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 quasi coincidente per il POD IT001E00096812 e coincidente per il POD IT001E00096813; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 30.019 kWh e 36.463 kWh)
- Per il 2015 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell'2% circa per il POD IT001E00096812 e del 2% circa per il POD IT001E00096813; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 31.209 kWh e 46.157 kWh)
- Per il 2016 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell'8% circa per il POD IT001E00096812 e dell'8% circa per il POD IT001E00096813. (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 30.277 kWh e 44.530 kWh)

Il dato medio desumibile dall'analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 3% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 72.885 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 72.885 kWh.

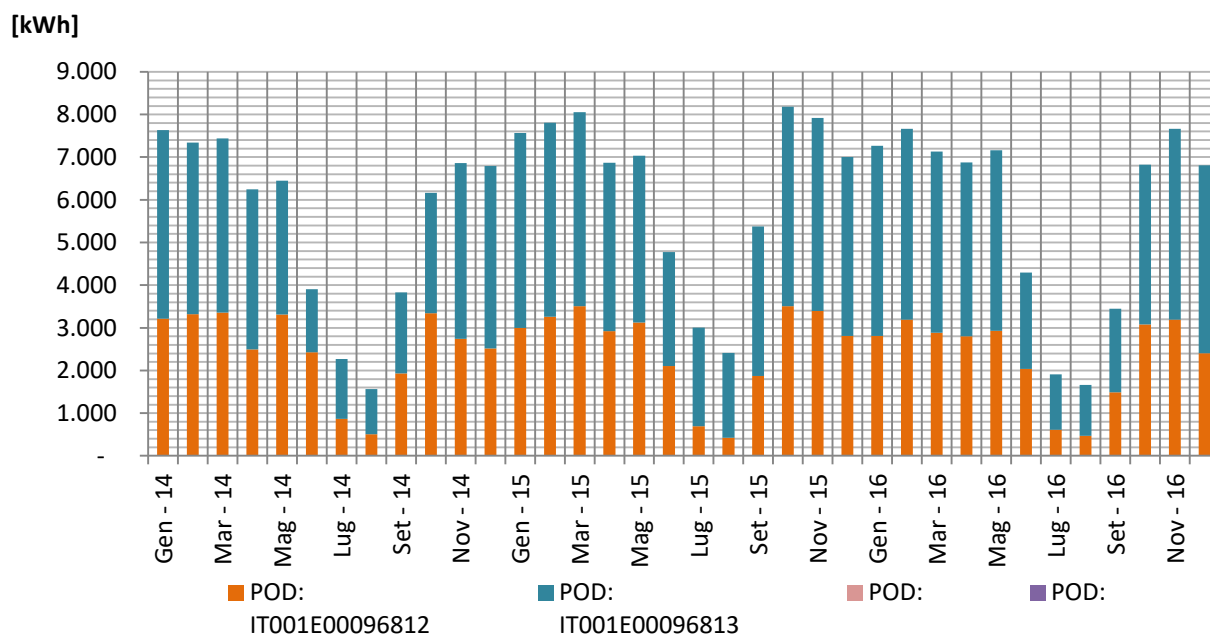
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096812	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.491	415	311	3.217
Feb - 14	2.497	473	350	3.320
Mar - 14	2.547	480	332	3.359
Apr - 14	1.830	352	312	2.494
Mag - 14	2.497	484	332	3.313
Giu - 14	1.721	396	308	2.425
Lug - 14	570	170	127	867
Ago - 14	246	163	100	509
Set - 14	1.423	338	172	1.933
Ott - 14	2.611	473	256	3.340
Nov - 14	2.080	370	292	2.742
Dic - 14	1.892	345	281	2.518
Totale	22.405	4.459	3.173	30.037
POD: IT001E00096812	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.312	412	273	2.997
Feb - 15	2.518	494	244	3.256
Mar - 15	2.699	495	313	3.507
Apr - 15	2.183	432	304	2.919
Mag - 15	2.314	513	298	3.125
Giu - 15	1.461	385	257	2.103
Lug - 15	318	220	152	690
Ago - 15	113	174	133	420
Set - 15	1.326	344	199	1.869
Ott - 15	2.722	484	303	3.509
Nov - 15	2.634	469	294	3.397
Dic - 15	2.119	376	312	2.807
Totale	22.719	4.798	3.082	30.599
POD: IT001E00096812	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.118	376	313	2.807
Feb - 16	2.414	474	307	3.195
Mar - 16	2.099	385	401	2.885
Apr - 16	2.153	405	242	2.800
Mag - 16	2.244	437	247	2.928
Giu - 16	1.467	334	235	2.036
Lug - 16	285	186	141	612
Ago - 16	188	155	129	472
Set - 16	968	332	188	1.488
Ott - 16	2.221	505	357	3.083
Nov - 16	2.387	501	306	3.194
Dic - 16	1.662	262	484	2.408
Totale	20.206	4.352	3.350	27.908

POD: IT001E00096813	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.516	715	1.185	4.416
Feb - 14	2.357	692	975	4.024
Mar - 14	2.230	756	1.095	4.081
Apr - 14	1.847	677	1.231	3.755
Mag - 14	1.809	484	842	3.135
Giu - 14	876	243	363	1.482
Lug - 14	686	284	431	1.401
Ago - 14	446	222	384	1.052
Set - 14	1.255	303	339	1.897
Ott - 14	2.047	363	416	2.826
Nov - 14	2.347	688	1.087	4.122
Dic - 14	2.246	697	1.329	4.272
Totale	20.662	6.124	9.677	36.463
POD: IT001E00096813	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.569	757	1.243	4.569
Feb - 15	2.749	733	1.071	4.553
Mar - 15	2.584	781	1.180	4.545
Apr - 15	2.118	663	1.170	3.951
Mag - 15	2.005	739	1.163	3.907
Giu - 15	1.294	516	865	2.675
Lug - 15	931	528	859	2.318
Ago - 15	743	433	819	1.995
Set - 15	1.795	714	998	3.507
Ott - 15	2.689	813	1.169	4.671
Nov - 15	2.603	786	1.132	4.521
Dic - 15	2.281	656	1.263	4.200
Totale	24.361	8.119	12.932	45.412
POD: IT001E00096813	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.401	749	1.307	4.457
Feb - 16	2.613	762	1.096	4.471
Mar - 16	2.313	748	1.187	4.248
Apr - 16	2.037	805	1.234	4.076
Mag - 16	2.297	747	1.189	4.233
Giu - 16	1.054	429	773	2.256
Lug - 16	592	270	433	1.295
Ago - 16	537	246	410	1.193
Set - 16	1.211	336	412	1.959
Ott - 16	2.173	647	917	3.737
Nov - 16	2.547	732	1.194	4.473
Dic - 16	2.143	819	1.439	4.401
Totale	21.918	7.290	11.591	40.799

Considerando la presenza di più POD a servizio dell’ edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.2 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8 bis.

Tabella 5.8 – Consumi mensili fatturati

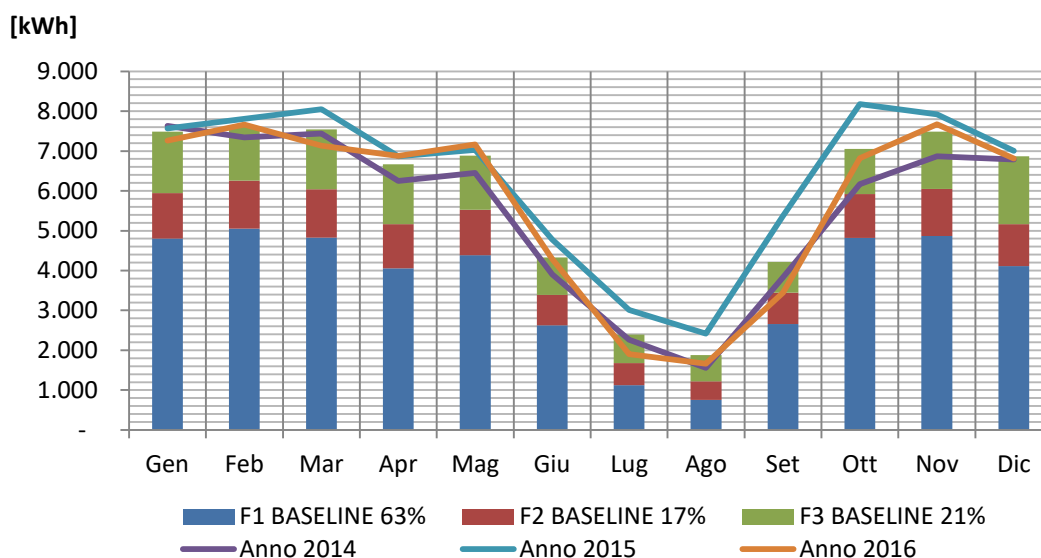
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.802	1.141	1.544	7.488
Febbraio	5.049	1.209	1.348	7.606
Marzo	4.824	1.215	1.503	7.542
Aprile	4.056	1.111	1.498	6.665
Maggio	4.389	1.135	1.357	6.880
Giugno	2.624	768	934	4.326
Luglio	1.127	553	714	2.394
Agosto	758	464	658	1.880
Settembre	2.659	789	769	4.218
Ottobre	4.821	1.095	1.139	7.055
Novembre	4.866	1.182	1.435	7.483
Dicembre	4.114	1.052	1.703	6.869
Totale	44.090	11.714	14.602	70.406

Tabella 5.8 – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.971	1.182	1.598	7.751
Febbraio	5.227	1.252	1.395	7.874
Marzo	4.994	1.258	1.556	7.807
Aprile	4.199	1.150	1.550	6.900
Maggio	4.543	1.175	1.405	7.123
Giugno	2.717	795	967	4.478
Luglio	1.167	572	739	2.479
Agosto	784	481	682	1.947
Settembre	2.753	817	796	4.366
Ottobre	4.991	1.134	1.179	7.304
Novembre	5.037	1.224	1.486	7.746
Dicembre	4.259	1.089	1.763	7.111
Totale	45.643	12.126	15.116	72.885

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

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



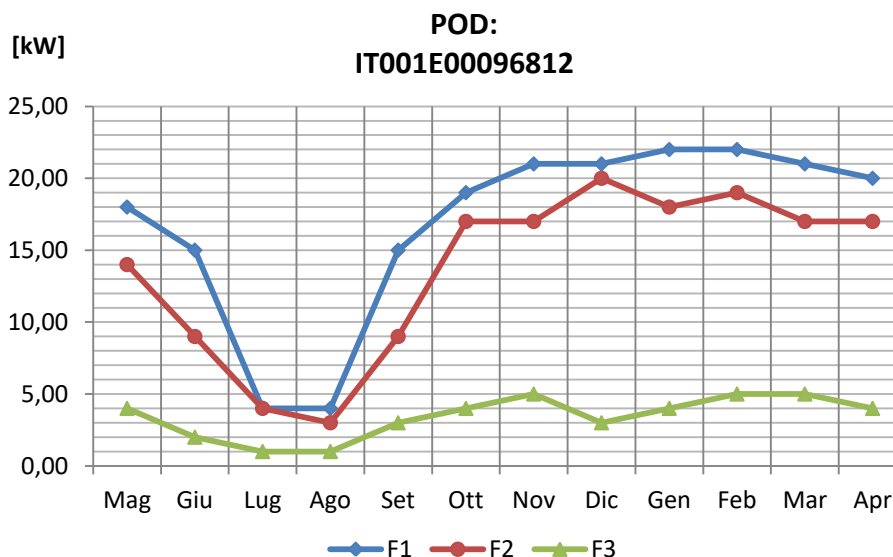
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.5 e dettagliatamente nella tabella 4.13, 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 5.4 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096812



Il prelievo di potenza massima è pari a 22,00 kW e si verifica nel mese di Gennaio 2018. Tali profili risultano coerenti con l’effettivo utilizzo dell’edificio e delle utenze elettriche presenti.

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.

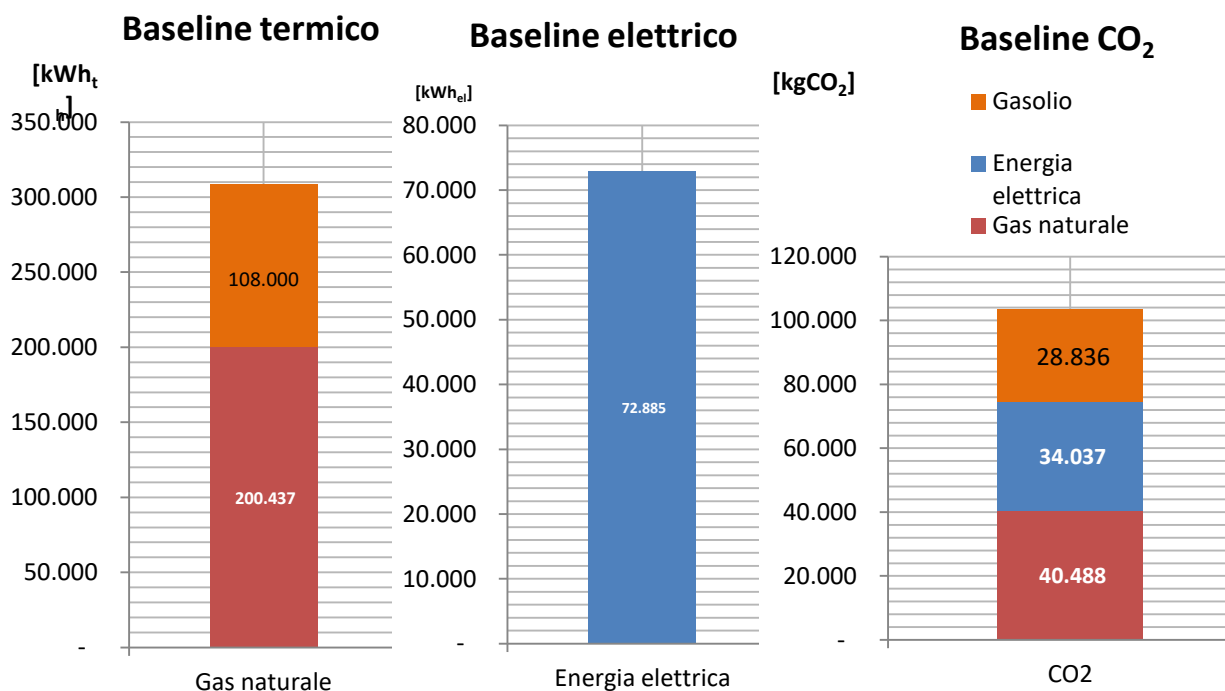
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
Gasolio	* 0,267

* 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 CO₂.

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	72.885	* 0,467	34,037
Gas naturale	200.437	* 0,202	40,488
Gasolio	108.000	* 0,267	28,836

Figura 5.5 – 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	3.636	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.019	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	18.385	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	200.437	1,05	210.459	57,9	52,4	11,4	11,14	10,07	2,20
Energia elettrica	72.885	2,42	176.382	48,5	43,9	9,6	9,36	8,47	1,85
Gasolio	108.000	1,07	115.560	31,8	28,8	6,3	7,93	7,17	1,57
TOTALE			502.401	138	125	27	28	26	6

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	200.437	1,05	210.459	57,9	52,4	11,4	11,14	10,07	2,20
Energia elettrica	72.885	1,95	142.126	39,1	35,4	7,7	9,36	8,47	1,85
Gasolio	108.000	1,07	115.560	31,8	28,8	6,3	7,93	7,17	1,57
TOTALE			468.145	129	116	25	28	26	6

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

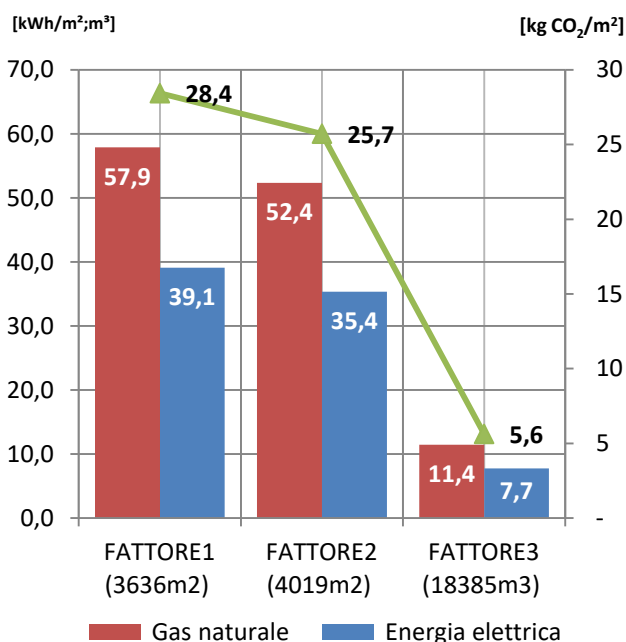
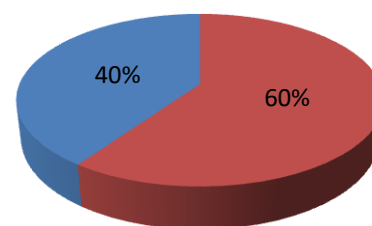
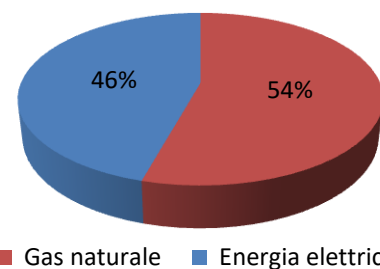


Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

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 5.14 – 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	10,396	8,963	8,661	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12,684	14,761	13,906

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 5.14 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

	Wh_t / m³ x GG x anno		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Secondarie Sup.	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Tabella 5.15 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

	kWh_e / m² x anno		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 11,0	da 11,0 a 16,5	maggiore di 16,5
Elementari, Medie, Secondarie Sup. tranne Ist.Tecn.Ind. e Ist.Prof.Ind.	minore di 9,0	da 9,0 a 12,0	maggiore di 12,0
Ist.Tecn. Ind., Ist. Prof. Ind.	minore di 12,5	da 12,5 a 15,5	maggiore di 15,5

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	271,4611	265,1820
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	247,7731	246,0945
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	10,2333	8,2459
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	1,0845	0,8739
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	10,5967	8,5387
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,7734	1,4290
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	61,11	58,63

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)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [m ³ /anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	87.903	869.449
Energia Elettrica	-	161.533

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	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor 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, secondo la definizione delle UNI TS 11300, e che dunque 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	126,0725	118,9799
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	97,2928	95,7896
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	10,2333	8,2459

Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	1,0845	0,8739
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	15,6885	12,6416
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,7734	1,4290
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	33,09	30,18

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]
Gas Naturale	32.919	310.097
Energia Elettrica	-	73.042

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]	[%]
310.097	308.437	0,5

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (EE_{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]	[%]
73.042	72.885	0,2

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

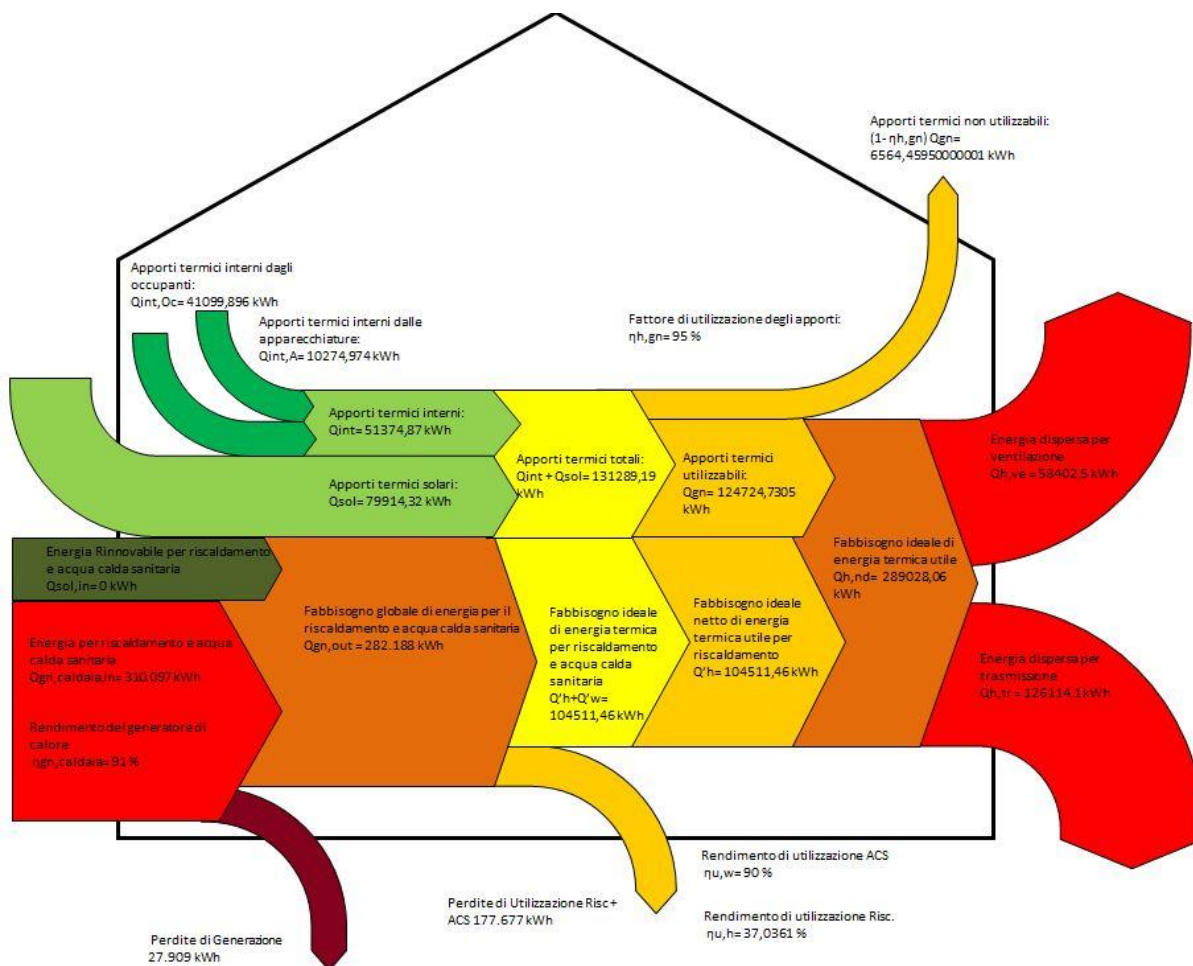
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

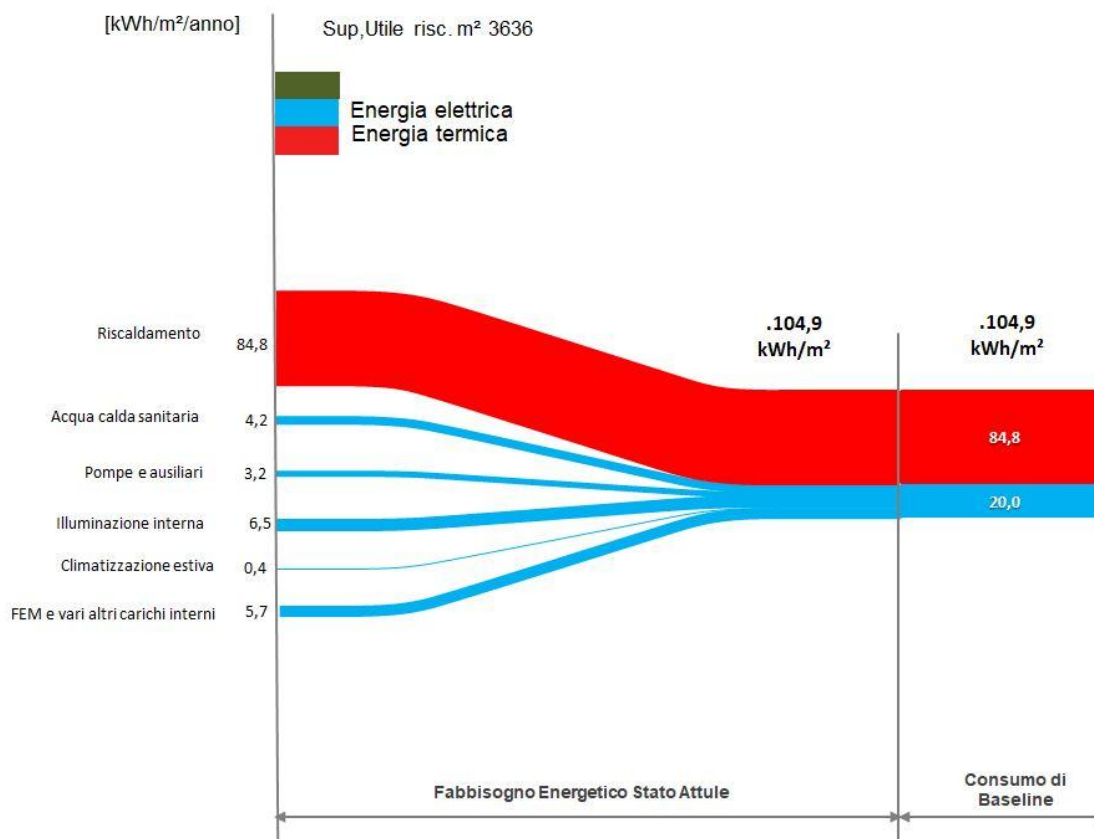
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le perdite di generazione sono notevoli e che le dispersioni per trasmissione sono più del triplo delle perdite per ventilazione.

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.

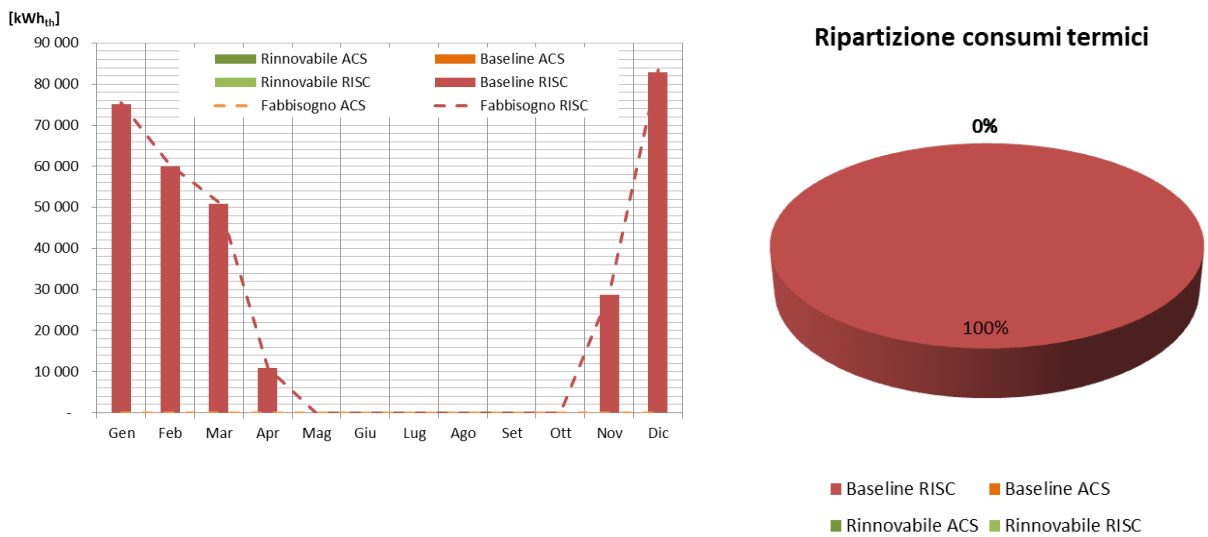
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

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



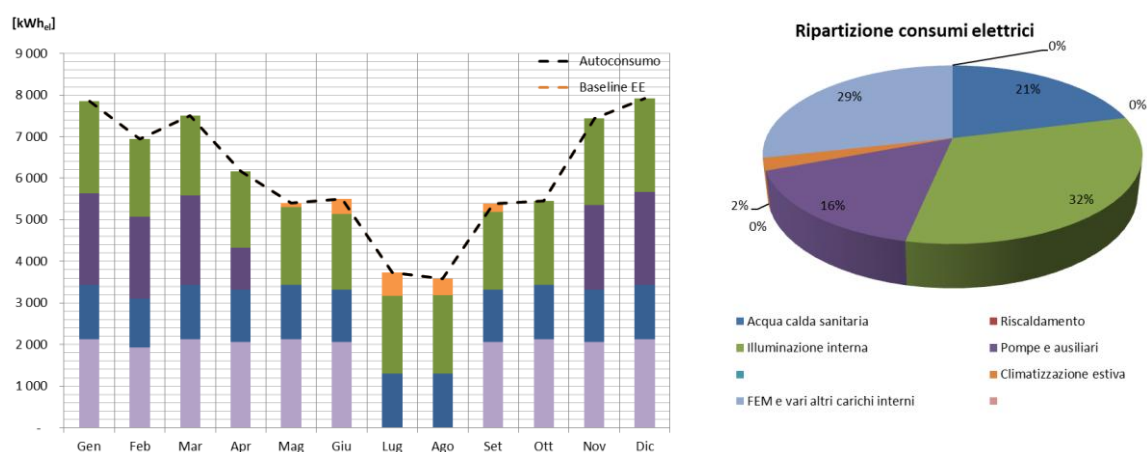
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi al riscaldamento degli ambienti della scuola, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti di tale impianto.

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 18.174 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’impianto di produzione di ACS e gli ausiliari dell’impianto di riscaldamento.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

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 – 16220050600337: 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 – 3270011638361: 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: 3270011638361	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA TEGLIA 2/A GENOVA (GE) 16161				
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 S.p.A.	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.	G010	G0010	G0010	G 10
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.	38,19000000 MJ/Smc	38,190mJ/MC	38,190mJ/MC	38.866,000 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	0,04548 €/kWh	0,02905 €/kWh	0,02713 €/kWh	0,02277 €/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: 3270011638361	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 3270011638361	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	202	23	82	93	88	487	4.437	0,110
Febbraio	202	23	82	93	88	487	4.437	0,110
Marzo	202	23	82	93	88	487	4.437	0,110
Aprile	43	24	18	32	26	143	1.441	0,099
Maggio	44	24	18	33	26	145	1.479	0,098
Giugno	43	24	18	32	26	142	1.441	0,099
Luglio	43	24	18	33	26	145	1.488	0,097
Agosto	43	24	18	33	26	145	1.488	0,097
Settembre	41	24	18	32	25	140	1.432	0,098
Ottobre	43	24	18	33	26	145	1.488	0,097
Novembre	42	24	18	32	25	141	1.441	0,098
Dicembre	41	24	14	33	25	138	1.479	0,093
Totale	988	283	404	575	495	2.744	26.489	0,104
PDR: 3270011638361	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	79	24	45	55	44	247	2.958	0,083
Febbraio	87	24	48	59	48	265	3.165	0,084
Marzo	90	24	50	61	49	274	3.278	0,083
Aprile	35	27	21	37	26	146	1.639	0,089
Maggio	12	27	7	12	13	71	565	0,125
Giugno	11	27	7	11	12	67	509	0,132

Luglio	11	27	6	10	12	66	480	0,137
Agosto	10	27	6	10	12	64	462	0,139
Settembre	11	27	7	11	12	68	518	0,131
Ottobre	13	27	7	11	13	70	528	0,133
Novembre	70	27	38	60	43	239	2.892	0,083
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	428	286	243	335	284	1.577	16.994	0,093

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

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

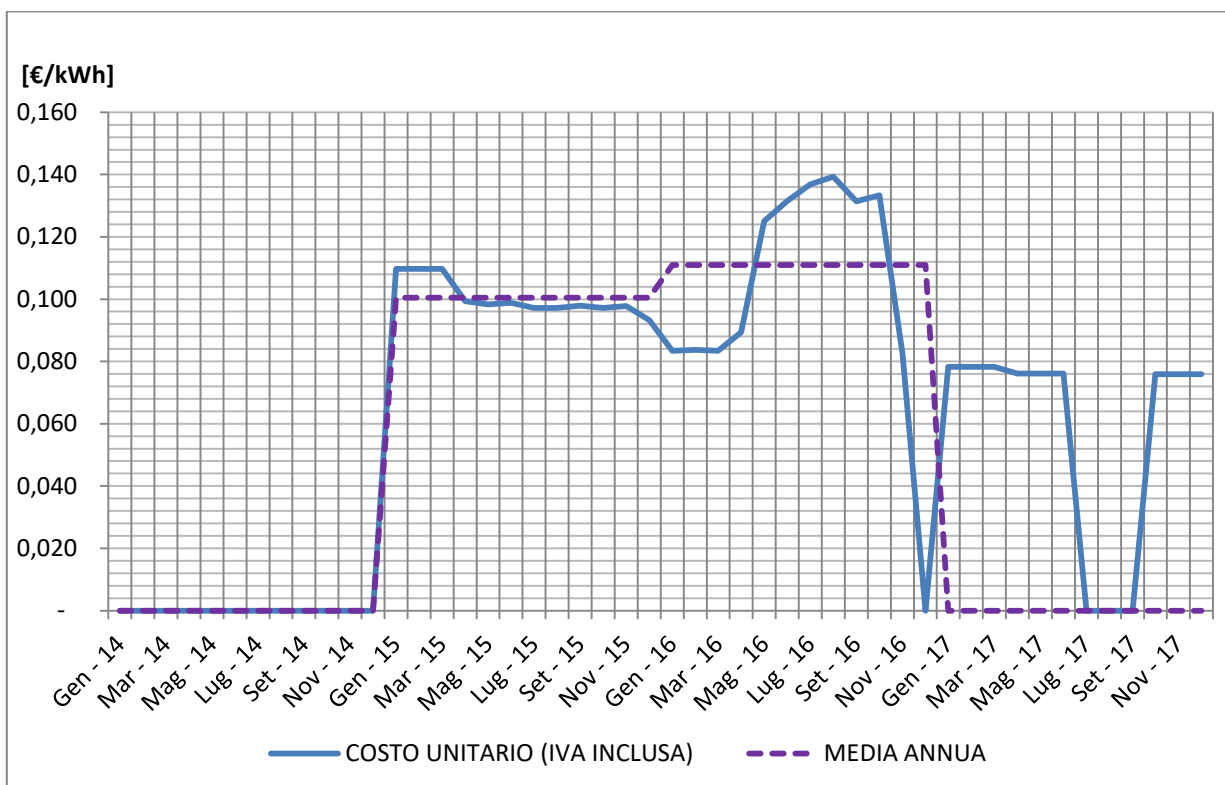
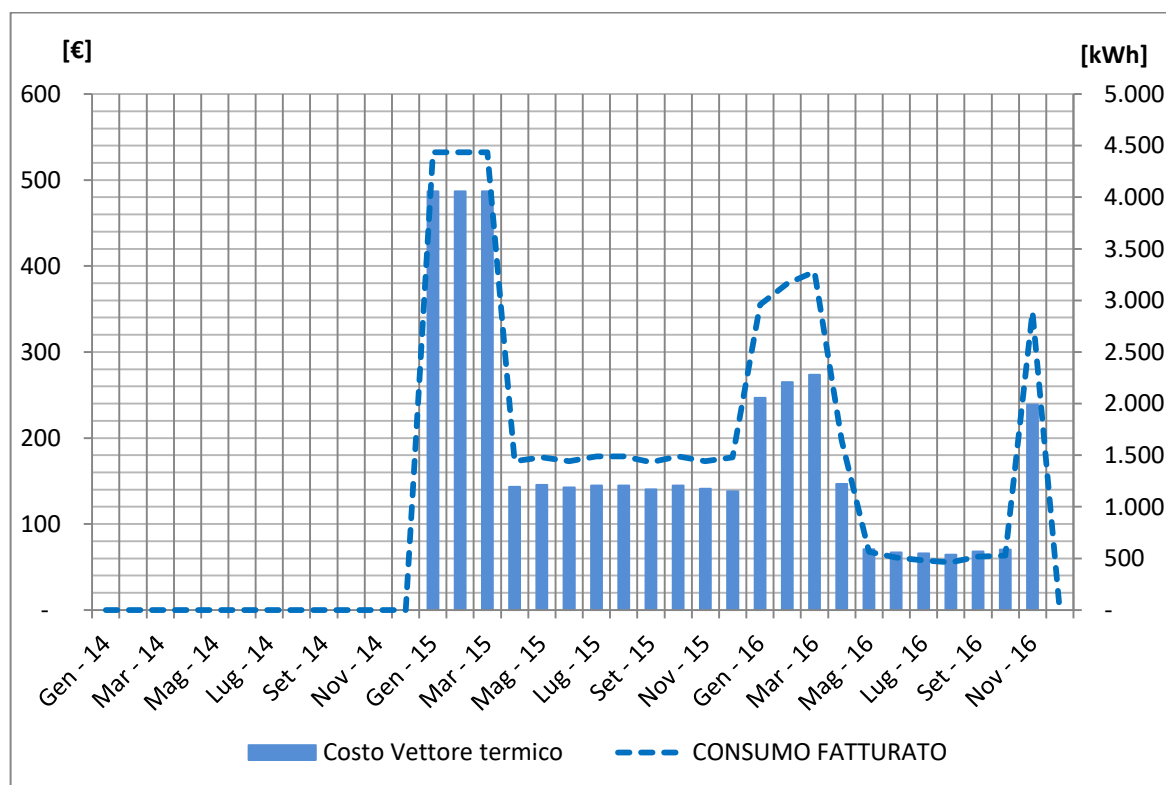


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096812: 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;
- POD 2 – IT001E00096813: 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 dei contratti 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: IT001E00096812	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA TEGLIA 2 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	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW
Potenza elettrica disponibile	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	17,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	BTA6	BTA6	CONSIPI3

	(escluso IP)	(escluso IP)	(escluso IP)	(escluso IP)	VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07603 €/kWh	0,07647 €/kWh	0,03430 €/kWh	0,03026 €/kWh	0,04937 €/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.

POD: IT001E00096813	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA TEGLIA 2 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	22,00 kW	22,00 kW	20,00 kW	20,00 kW	20,00 kW
Potenza elettrica disponibile	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW	22,00 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 forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07254 €/kWh	0,07285 €/kWh	0,07192 €/kWh	0,03079 €/kWh	0,03098 €/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 812	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	245	34	312	40	139	771	3.217	0,240
Feb – 14	253	39	317	42	143	793	3.320	0,239
Mar – 14	256	39	322	42	145	805	3.359	0,240
Apr – 14	189	34	261	31	113	629	2.494	0,252
Mag – 14	252	52	321	41	147	813	3.313	0,246
Giu – 14	183	38	250	30	110	611	2.425	0,252
Lug – 14	65	9	109	11	43	237	867	0,273
Ago – 14	37	7	69	6	26	147	509	0,288
Set – 14	147	28	214	24	91	505	1.933	0,261
Ott – 14	256	44	337	42	149	828	3.340	0,248
Nov – 14	209	36	286	34	124	690	2.742	0,252
Dic – 14	191	33	271	31	53	580	2.518	0,230
Totale	2.284	395	3.071	375	1.284	7.409	30.037	0,247

POD: IT001E00096 812	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	229	35	300	37	60	661	2.997	0,221
Feb – 15	250	39	319	41	65	713	3.256	0,219
Mar – 15	268	42	340	44	69	763	3.507	0,217
Apr – 15	116	33	275	36	46	506	2.919	0,173
Mag – 15	117	35	288	39	48	527	3.125	0,169
Giu – 15	80	24	201	26	33	364	2.103	0,173
Lug – 15	24	7	93	9	13	146	690	0,211
Ago – 15	14	4	82	5	11	117	420	0,278
Set – 15	69	21	189	23	30	333	1.869	0,178
Ott – 15	106	35	340	44	53	578	3.509	0,165
Nov – 15	103	38	331	42	52	567	3.397	0,167
Dic – 15	84	32	282	35	43	476	2.807	0,170
Totale	1.461	345	3.040	383	523	5.752	30.599	0,188

POD: IT001E00096 812	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	80	29	263	35	41	448	2.807	0,159
Feb – 16	82	33	335	40	49	538	3.195	0,168
Mar – 16	107	30	287	36	46	506	2.885	0,175
Apr – 16	92	46	261	35	43	477	2.800	0,170
Mag – 16	107	47	291	37	48	529	2.928	0,181
Giu – 16	80	33	222	25	36	397	2.036	0,195
Lug – 16	28	13	112	8	16	177	612	0,288
Ago – 16	18	10	101	6	14	149	472	0,315
Set – 16	69	31	179	19	30	328	1.488	0,221
Ott – 16	182	48	305	39	57	630	3.083	0,204
Nov – 16	214	51	313	40	62	679	3.194	0,213
Dic – 16	149	38	252	30	47	516	2.408	0,214
Totale	1.208	409	2.920	349	489	5.375	27.908	0,193

POD: IT001E00096 813	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	321	47	399	55	181	1.003	4.416	0,227
Feb – 14	294	43	370	50	167	924	4.024	0,230

Mar – 14	296	44	374	51	168	933	4.081	0,229
Apr – 14	268	40	350	47	155	859	3.755	0,229
Mag – 14	228	33	310	39	134	745	3.135	0,238
Giu – 14	108	16	182	19	71	396	1.482	0,267
Lug – 14	100	15	176	18	68	376	1.401	0,269
Ago – 14	74	11	148	13	54	301	1.052	0,286
Set – 14	141	20	214	24	88	487	1.897	0,257
Ott – 14	213	30	286	35	124	688	2.826	0,244
Nov – 14	300	44	397	52	174	966	4.122	0,234
Dic – 14	303	63	409	53		828	4.272	0,194
Totale	2.645	406	3.615	456	1.385	8.507	36.463	0,233
POD: IT001E00096 813	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]
Gen – 15	331	54	417	57	86	946	4.569	0,207
Feb – 15	334	54	416	57	86	946	4.553	0,208
Mar – 15	331	54	415	57	86	942	4.545	0,207
Apr – 15	285	47	498	49	88	966	3.951	0,244
Mag – 15	281	46	493	49	87	955	3.907	0,245
Giu – 15	191	32	359	33	61	676	2.675	0,253
Lug – 15	163	27	320	29	54	593	2.318	0,256
Ago – 15	139	24	285	25	47	519	1.995	0,260
Set – 15	253	41	449	44	79	866	3.507	0,247
Ott – 15	341	55	576	58	103	1.133	4.671	0,243
Nov – 15	330	53	560	57	100	1.099	4.521	0,243
Dic – 15	302	50	525	53	93	1.022	4.200	0,243
Totale	3.279	536	5.311	568	969	10.663	45.412	0,235
POD: IT001E00096 813	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]
Gen – 16	139	46	390	56	63	694	4.457	0,156
Feb – 16	136	46	391	56	63	692	4.471	0,155
Mar – 16	131	44	374	53	60	663	4.248	0,156
Apr – 16	127	42	361	51	58	639	4.076	0,157
Mag – 16	131	44	373	53	60	660	4.233	0,156
Giu – 16	72	23	221	28	34	379	2.256	0,168
Lug – 16	41	13	147	16	22	239	1.295	0,184
Ago – 16	38	12	139	15	20	224	1.193	0,188
Set – 16	58	20	198	24	30	331	1.959	0,169

Ott – 16	113	39	335	47	53	587	3.737	0,157
Nov – 16	138	46	392	56	63	694	4.473	0,155
Dic – 16	139	45	386	55	63	688	4.401	0,156
Totale	1.262	421	3.707	510	590	6.490	40.799	0,159

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

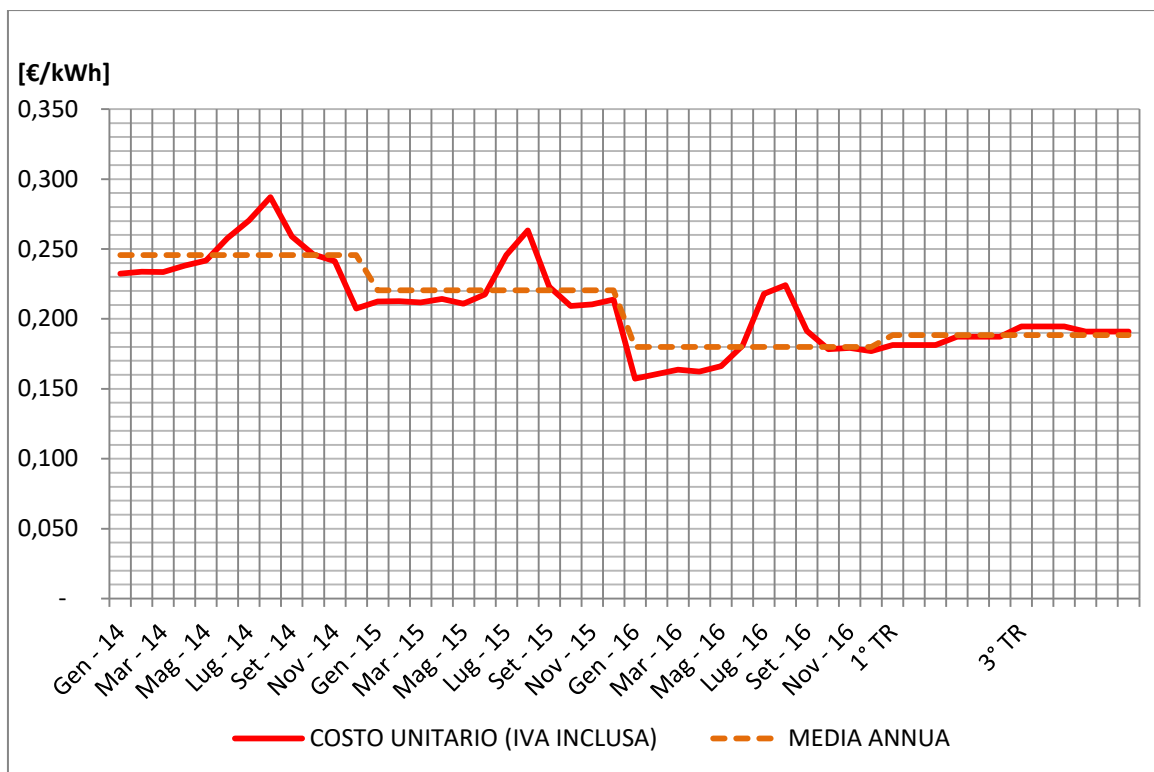
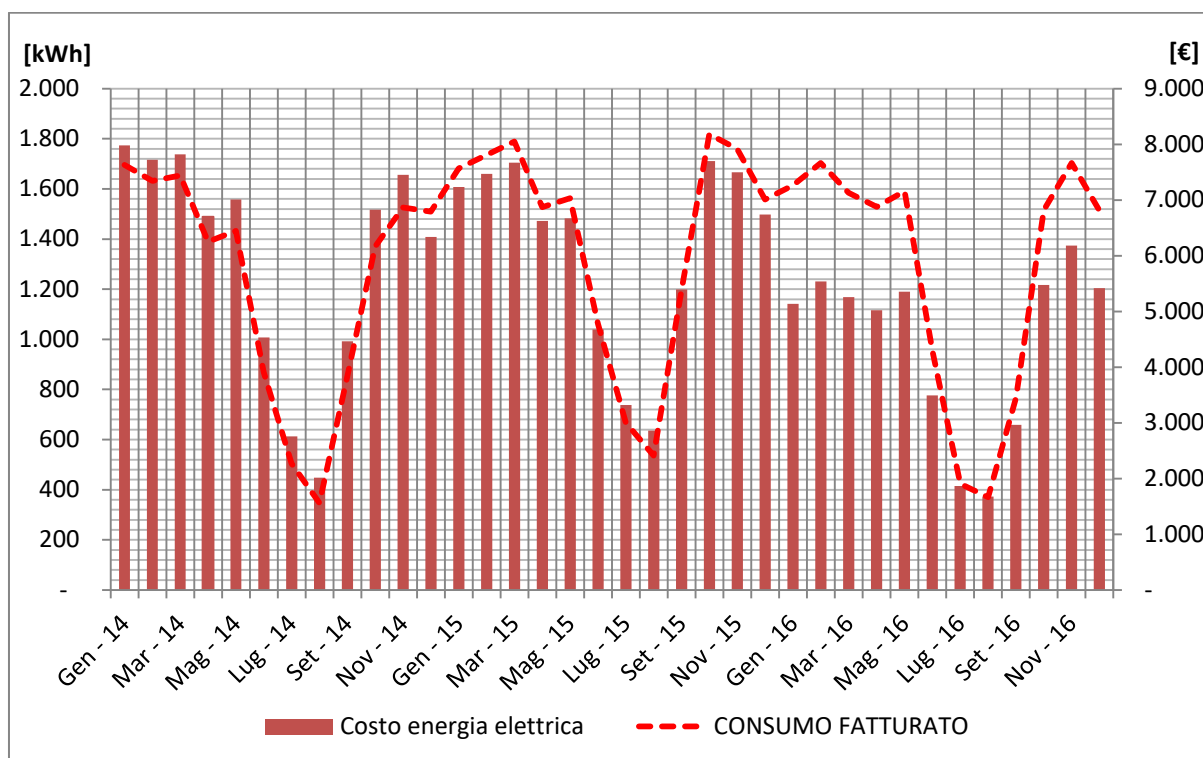


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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.	66.500	15.916	0,239	n.d.
2015	26.489	2.744	0,104	76.011	16.415	0,216	19.159
2016	16.994	1.577	0,083	68.707	11.864	0,173	13.441
2017	n.d.	n.d.	0,0774	n.d.	n.d.	0,188	n.d.
Media	21.742	2.161	0,0881	70.406	14.732	0,204	16.300

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}	0,077 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,188 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-103: 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 49.226,50 €.

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

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

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

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

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

Tabella 7.7 – 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	CM_o 20.038	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 5.327	[€/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:

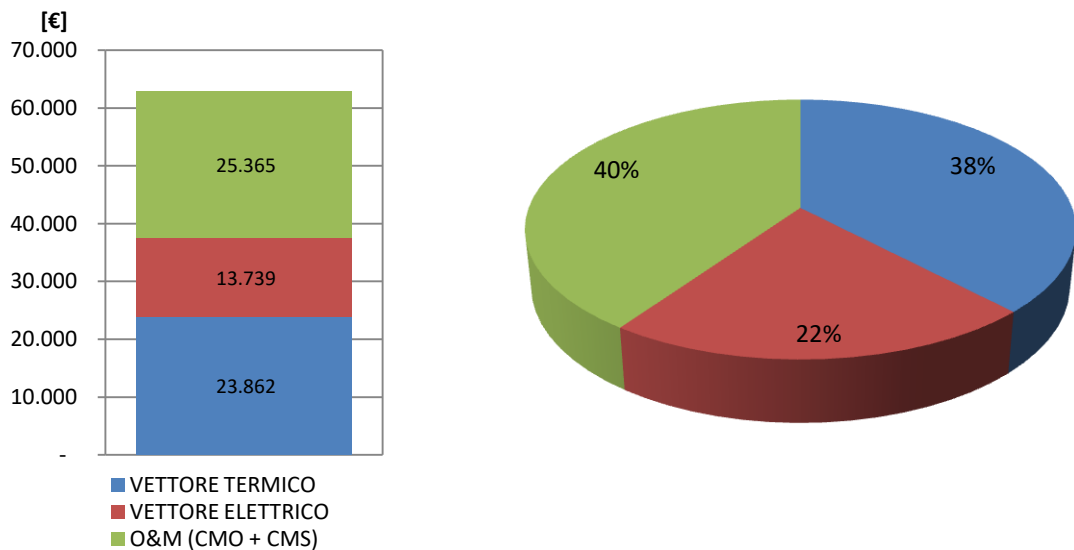
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 37.600 e un $C_{baseline}$ pari a € 62.965

Tabella 7.8 – 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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
308.437	0,077	23.862	72.885	0,188	13.739	25.365	20.038	5.327	62.965

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento termico 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 8.1 – Particolare 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 EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – ISOLAMENTO TERMICO COPERTURA

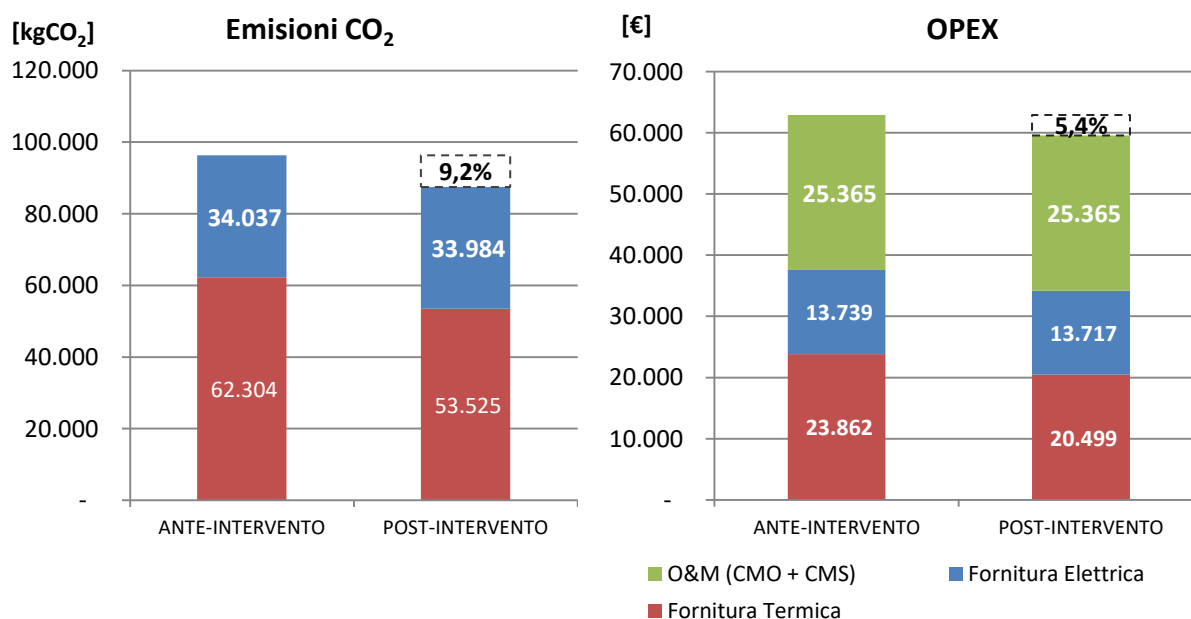
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	W/m ² K	1,899	0,203	89,3%
Q _{teorico}	[kWh]	310.097	266.402	14,1%

EE _{teorico}	[kWh]	73.042	72.928	0,2%
Q _{baseline}	[kWh]	308.437	264.976	14,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	72.885	72.771	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	62.304	53.525	14,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.037	33.984	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	96.342	87.509	9,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.862	20.499	14,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.739	13.717	0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37.600	34.217	9,0%
C _{MO}	[€]	20.038	20.038	0,0%
C _{MS}	[€]	5.327	5.327	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	25.365	25.365	0,0%
OPEX	[€]	62.965	59.581	5,4%
Classe energetica	[-]	G	G	-

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Caldaie a condensazione

Generalità

La misura prevede l'installazione di quattro caldaie modulari murali a condensazione a servizio dell'impianto di riscaldamento al fine di garantire rendimenti del sistema di generazione maggiori ed in linea con il nuovo quadro normativo.

L'installazione di un generatore modulare a gas a condensazione consente di ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento grazie al principio della condensazione associato alla modulazione di tali nuovi generatori.

Figura 8.3 – Particolare generatori di calore



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di una caldaia a condensazione richiede la valutazione delle prestazioni dello stato di conservazione della rete di distribuzione e della possibilità di installare valvole regolatrici della portata sui corpi scaldanti, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (20-30%).

La potenza termica utile e la portata termica del nuovo generatore devono essere scelte in funzione ed in relazione all'attuale configurazione dell'impianto termico, alla potenza del generatore attualmente installato ed alla possibilità di avere fabbisogni inferiori a seguito di altri tipi di intervento di efficientamento energetico.

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo generatore 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).

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 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3: Rendimento di generazione	[-]	91	107	15,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	310.097	175.893	43,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	73.042	72.752	0,4%
$Q_{baseline}$	[kWh]	308.437	174.952	43,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	72.885	72.595	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	62.304	35.340	43,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.037	33.902	0,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	96.342	69.242	28,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	23.862	13.535	43,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.739	13.684	0,4%

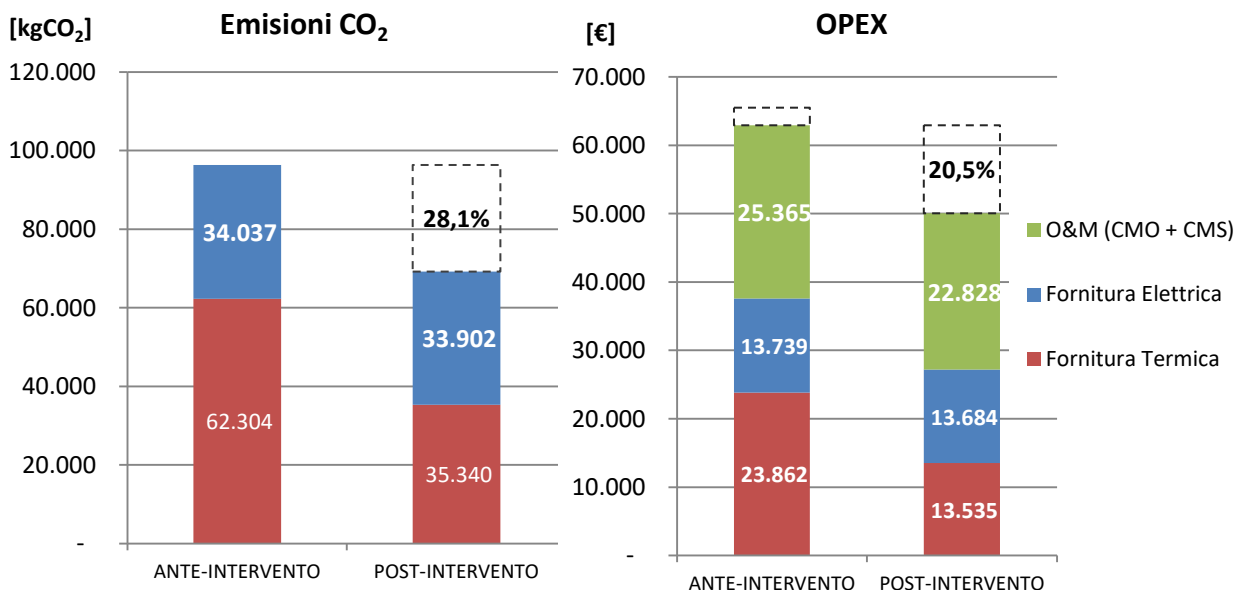
Fornitura Energia, C _E	[€]	37.600	27.219	27,6%
C _{MO}	[€]	20.038	18.034	10,0%
C _{MS}	[€]	5.327	4.794	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	25.365	22.828	10,0%
OPEX	[€]	62.965	50.047	20,5%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classe

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: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

La riduzione dei costi di manutenzione O&M è dovuta al fatto che la potenza del gruppo termico installato a seguito dell'intervento proposto è inferiore a quella dell'attuale, sulla base del quale è stato stimato il canone di manutenzione secondo quanto appreso dal servizio calore del Comune di Genova. Inoltre, come indicato in una *Guida all'efficienza energetica negli edifici scolastici* (ENEA, M.A.T.T.M, M.I.U.R. e Presidenza del Consiglio dei Ministri), si evidenzia che i costi di O&M non sono inferiori al 20% della somma dei costi di approvvigionamento di combustibile ed energia elettrica.

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



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 dritti 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 dritti 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.

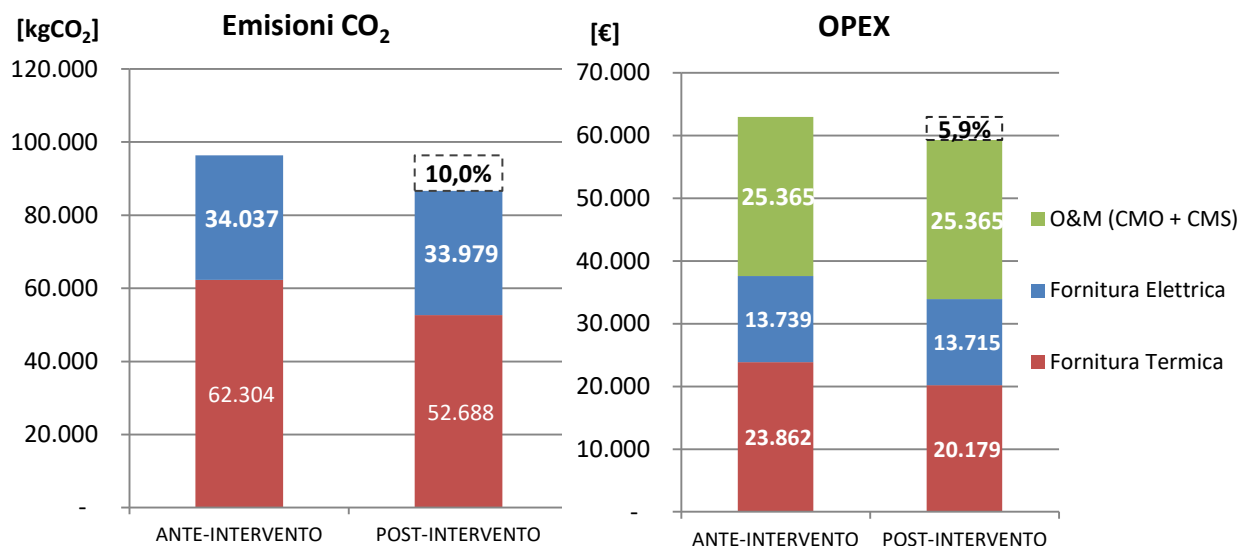
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4: Rendimento di regolazione	[-]	74	99	25,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	310.097	262.236	15,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	73.042	72.917	0,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	308.437	260.832	15,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	72.885	72.760	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	62.304	52.688	15,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.037	33.979	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	96.342	86.667	10,0%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	23.862	20.179	15,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.739	13.715	0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37.600	33.894	9,9%
C_{MO}	[€]	20.038	20.038	0,0%
C_{MS}	[€]	5.327	5.327	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	25.365	25.365	0,0%
OPEX	[€]	62.965	59.259	5,9%
Classe energetica	[-]	G	G	-

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: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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



EEM4: Pompe a portata variabile

Generalità

La misura prevede l'installazione di una pompa di circolazione di tipo elettronico a giri variabili (inverter). L'intervento sarà realizzato mediante la sostituzione delle due pompe di circolazione a giri fissi, con una nuova pompa di circolazione gemellare a giri variabili controllata elettronicamente da inverter e grado di protezione minimo IP55.

Portata, prevalenza e diametro di allaccio saranno verificate e confermate dalle condizioni idrostatiche di lavoro dell'attuale rete di distribuzione.

L'installazione di un circolatore elettronico a velocità variabile permette di ottimizzare tutte le prestazioni dell'impianto anche in termini di energia elettrica necessaria per l'alimentazione degli organi ausiliari. Inoltre viene prolungata la vita della pompa stessa.

Figura 8.7 – Particolare pompe di circolazione



Caratteristiche funzionali e tecniche

Tale misura può ridurre il consumo di energia elettrica (5-10%).

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo circolatore 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).

Prestazioni raggiungibili

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

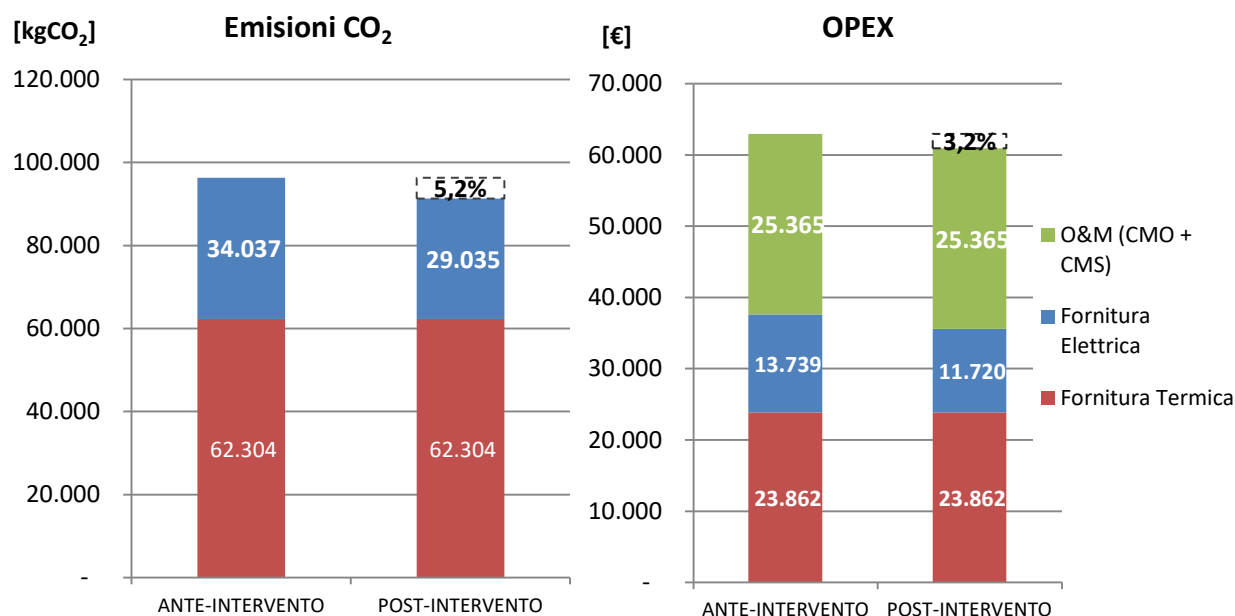
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione pompa inverter

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5: Potenza elettrica assorbita	[W]	2715	900	66,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	310.097	310.097	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	73.042	62.308	14,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	308.437	308.437	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	72.885	62.175	14,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	62.304	62.304	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.037	29.035	14,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	96.342	91.340	5,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	23.862	23.862	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.739	11.720	14,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37.600	35.582	5,4%
C_{MO}	[€]	20.038	20.038	0,0%
C_{MS}	[€]	5.327	5.327	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	25.365	25.365	0,0%
OPEX	[€]	62.965	60.946	3,2%
Classe energetica	[-]	G	G	-

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: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Si fa presente che per l'edificio in esame il fabbisogno di ACS è molto ridotto per cui non risulterebbe economicamente conveniente intraprendere misure di efficienza in tali direzioni.

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: Isolamento copertura dall'estradosso

Nella 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 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione dell'isolamento della copertura dall'estradosso 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 – Isolamento copertura dall'estradosso

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Pannello in lana di vetro da 8 cm	Liguria 2017	1250	€/mq	11,943	14.928,75 €	3.284,33 €	18.213,08 €
Posa di pannello isolante 1	Liguria 2017	1250	€/mq	4,221	5.276,25 €	1.160,78 €	6.437,03 €
Pannello in lana di vetro da 6 cm	Liguria 2017	1250	€/mq	9,747	12.183,75 €	2.680,43 €	14.864,18 €
Posa di pannello isolante 2	Liguria 2017	1250	€/mq	4,221	5.276,25 €	1.160,78 €	6.437,03 €
Guaina bituminosa	Milano	1250	€/mq	22,18	27.725,00 €	6.099,50 €	33.824,50 €
Posa di guaina bituminosa	Liguria 2017	1250	€/mq	10,467	13.083,75 €	2.878,43 €	15.962,18 €
Costi per la sicurezza					2.354,21 €	517,93 €	2.872,14 €
Costi per la progettazione					5.493,16 €	1.208,50 €	6.701,66 €
TOTALE (I₀)					86.321,13 €	18.990,65 €	105.311,77 €
Incentivi	[Conto termico]					[€]	42.125
Durata incentivi						[Anni]	5
Incentivo annuo						[€/anno]	8.425

EEM2: Installazione generatore di calore a condensazione

Nella 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 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di un generatore di calore a condensazione 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 – Installazione generatore di calore a condensazione

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione di caldaia esistente	CCIAA RE	2	cad	3697,5	7.395,00 €	1.626,90 €	9.021,90 €
Fornitura di caldaia a condensazione da 150 kW	Liguria 2017	3	cad	8027,325	24.081,98 €	5.298,03 €	29.380,01 €
Posa in oepra di caldaia murale	Liguria 2017	3	cad	299,196	897,59 €	197,47 €	1.095,06 €

Costi per la sicurezza		971,24 €	213,67 €	1.184,91 €
Costi per la progettazione		2.266,22 €	498,57 €	2.764,79 €
TOTALE (I₀)		35.612,02 €	7.834,64 €	43.446,66 €
Incentivi	[Conto termico]		[€]	17.379
Durata incentivi			[Anni]	5
Incentivo annuo			[€/anno]	3.476

EEM3: Installazione di valvole termostatiche

Nella 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 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell’installazione di un generatore di calore a condensazione come specificato nel paragrafo dedicato.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione di 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	125	cad	37,233	4.654,13 €	1.023,91 €	5.678,03 €
Costi per la sicurezza					139,62 €	30,72 €	170,34 €
Costi per la progettazione					325,79 €	71,67 €	397,46 €
TOTALE (I₀)					5.119,54 €	1.126,30 €	6.245,84 €

EEM4: Installazione di circolatori a giri variabili

Nella 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 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell’installazione di un generatore di calore a condensazione come specificato nel paragrafo dedicato.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione di circolatori a giri variabili

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Circolatore gemellare con inverter DN65	Liguria 2017	3	cad	3142,26	9.426,78 €	2.073,89 €	11.500,67 €
Posa in opera di circolatore	Liguria 2017	3	cad	45,054	135,16 €	29,74 €	164,90 €
Costi per la sicurezza					286,86 €	63,11 €	349,97 €
Costi per la progettazione					669,34 €	147,25 €	816,59 €
TOTALE (I₀)					10.518,14 €	2.313,99 €	12.832,13 €

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, l’ I_0 , e il TRS.

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

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

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

EEM1: Isolamento copertura dall’estradosso

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– Isolamento copertura dall’estradosso

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	105.312
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	8.425
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	27,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	44,9
Valore attuale netto	VAN	- 36.071
Tasso interno di rendimento	TIR	0,5%
Indice di profitto	IP	-0,34

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

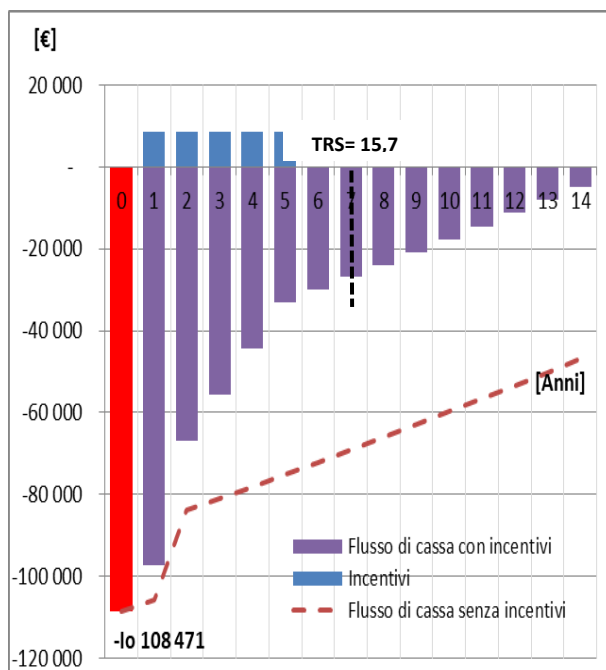
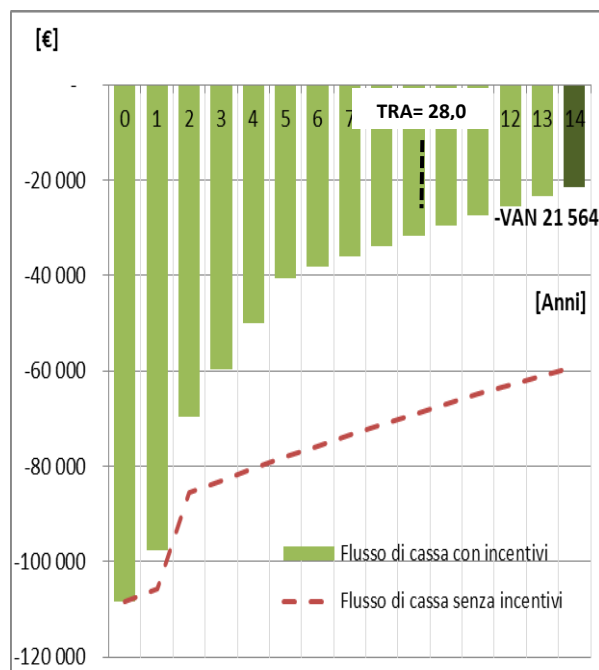


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM2: Installazione generatore di calore a condensazione

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– Installazione generatore di calore a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 43.447
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 3.476
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	3,5 / 2,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,8 / 2,9
Valore attuale netto	VAN	82.917 / 98.391
Tasso interno di rendimento	TIR	26,8% / 33,4%
Indice di profitto	IP	1,91 / 2,26

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

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

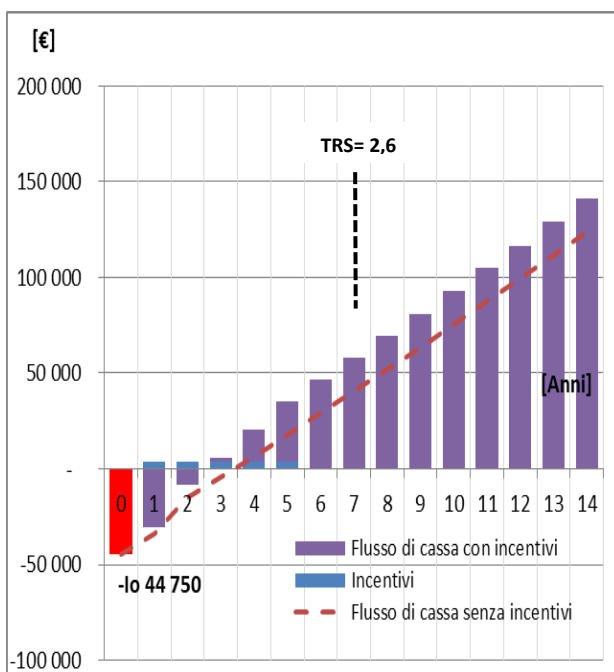
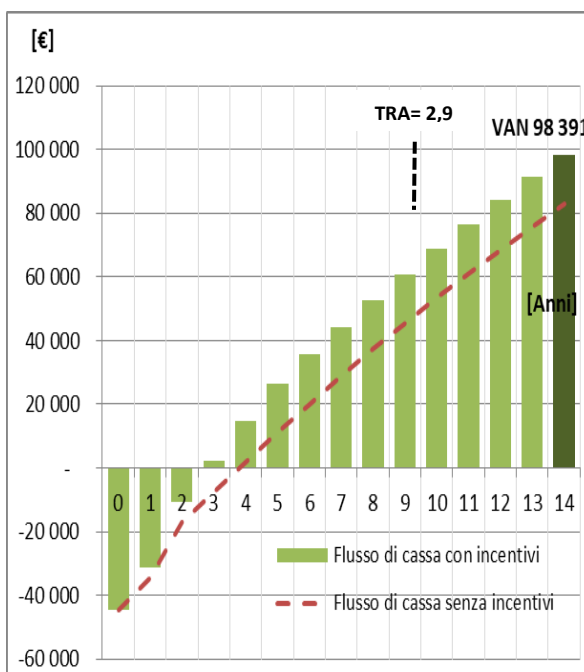


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta economicamente conveniente con e senza gli 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– Installazione di valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 6.246
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	1,8 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,9 -
Valore attuale netto	VAN	29.487 -
Tasso interno di rendimento	TIR	52,7% -
Indice di profitto	IP	4,72 -

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

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

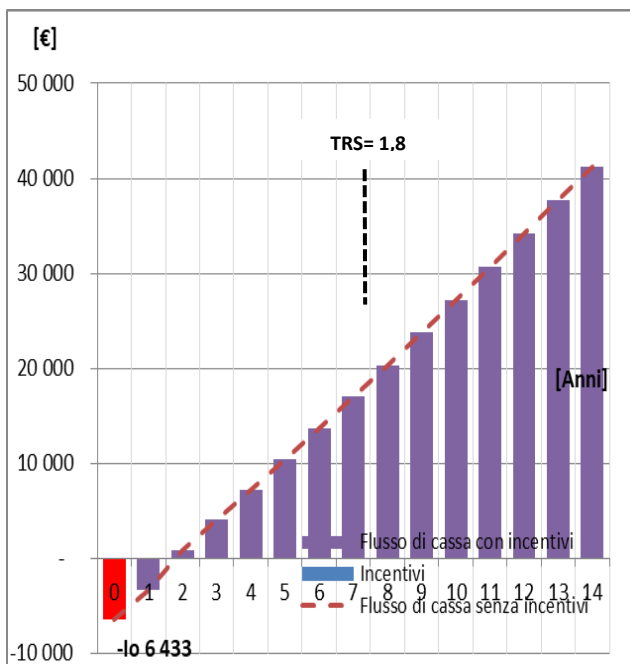
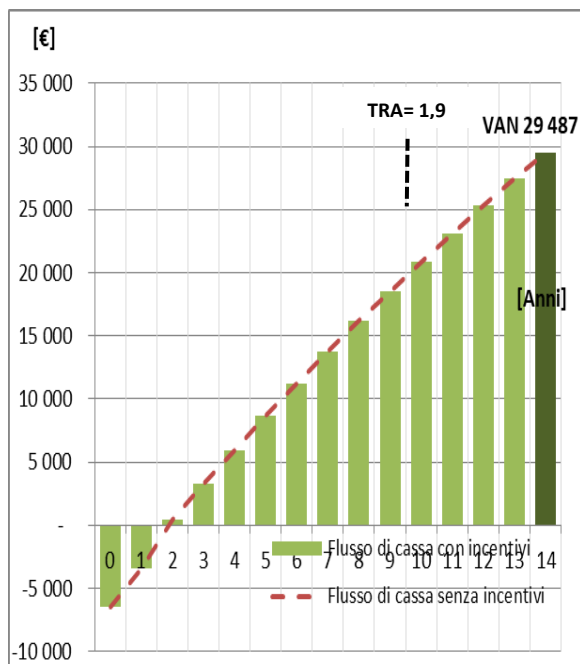


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM4: Installazione circolatori a giri variabili

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 – Installazione circolatori a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 12.832
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,6
Valore attuale netto	VAN	7.921
Tasso interno di rendimento	TIR	12,6%
Indice di profitto	IP	0,62

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

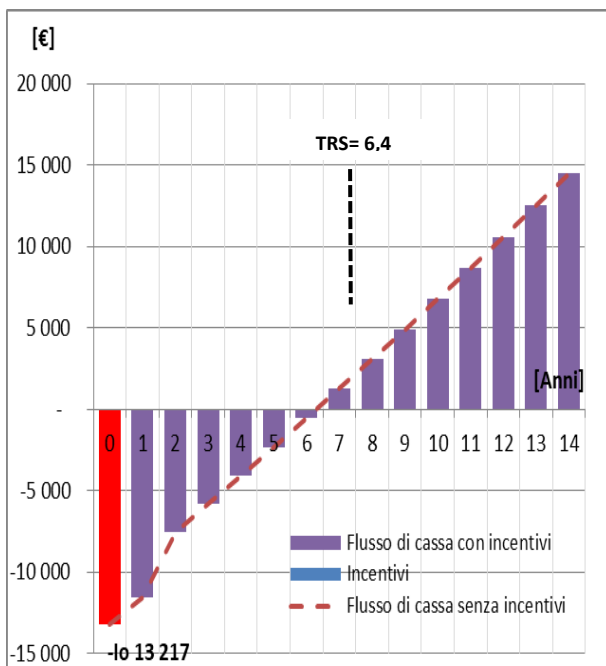
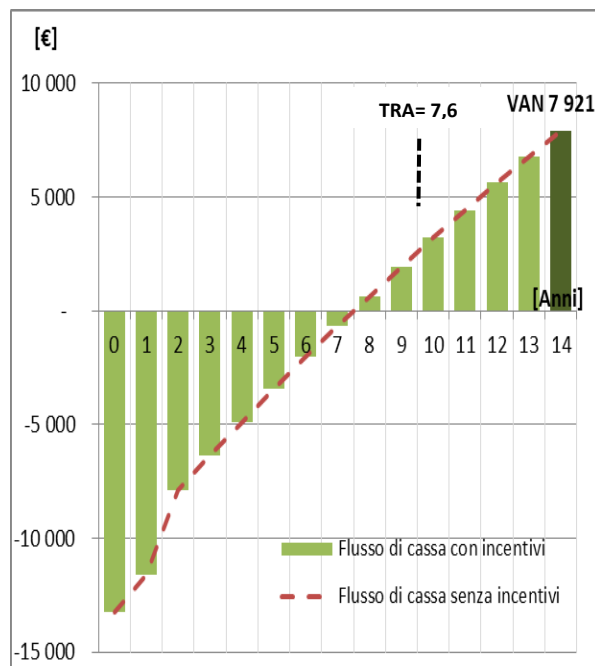


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabelle 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	9,2	9,2	3.384	-	-	105.312	27,2	15,7	30	-36.071	0,5	-0,34
EEM 2	28,1	28,1	10.381	2.004	533	43.447	3,5	3,8	15	82.917	26,8	1,91
EEM 3	10	10	3.706	-	-	6.246	1,8	1,9	15	29.487	52,7	4,72
EEM 4	5,2	5,2	2.019	-	-	12.832	6,4	7,6	15	7.921	12,6	0,62

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 tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti ed in particolare che l'indice di profitto maggiore è presentato dall'installazione delle valvole termostatiche.

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	9,2	9,2	3.384	-	-	105.312	15,7	28,0	30	1.435	4,2	0,01
EEM 2	28,1	28,1	10.381	2.004	533	43.447	2,6	2,9	15	98.391	33,4	2,26
EEM 3	10	10	3.706	-	-	6.246	1,8	1,9	15	29.487	52,7	4,72
EEM 4	5,2	5,2	2.019	-	-	12.832	6,4	7,6	15	7.921	12,6	0,62

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

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

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

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun

scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

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

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

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di 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.

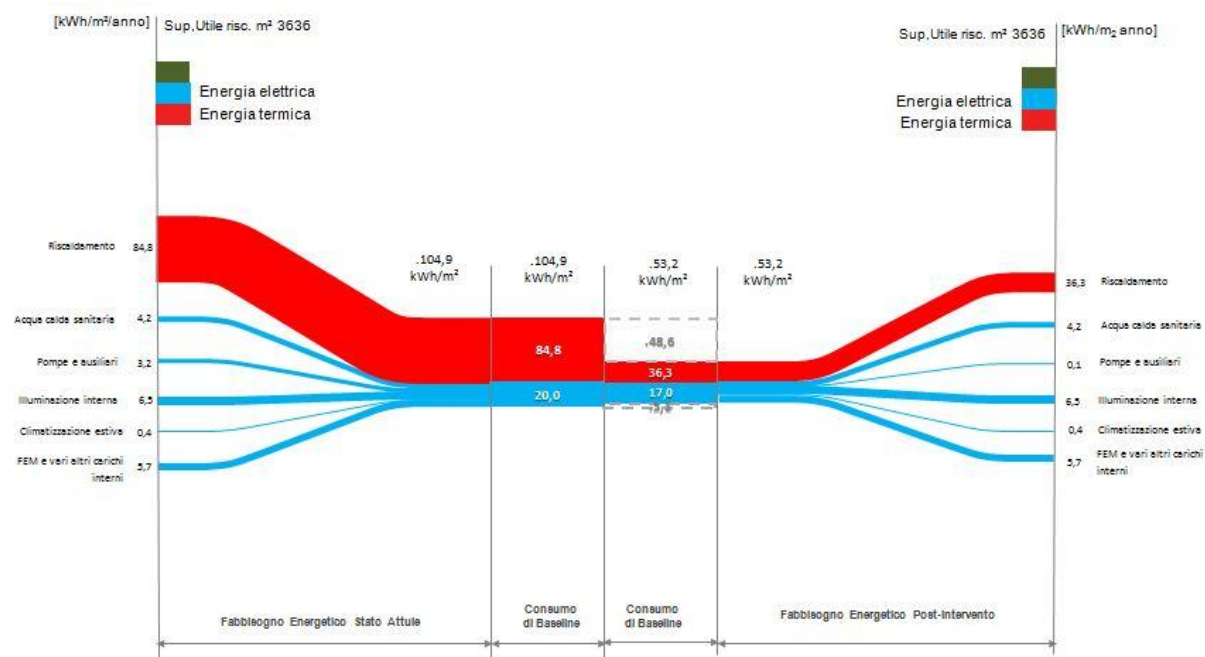
Infine, si è proceduto all'identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di *Energy Performance Contract* (EPC).

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: IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM2, EEM3 ed EEM4. Cioè si procederà all'installazione di tre generatori di calore a condensazione a sostituzione dei due attuali, all'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione e all'installazione di circolatori a giri variabili.
- **Scenario 2: INOVLCRO E IMPIANTO:** Tale scenario sarà realizzato mediante la combinazione degli interventi EEM1, EEM2 ed EEM3 cioè consiste nella realizzazione dell'isolamento della copertura dall'estradosso, nella installazione di tre generatori di calore a condensazione a sostituzione dei due attuali e nella installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione.

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. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

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



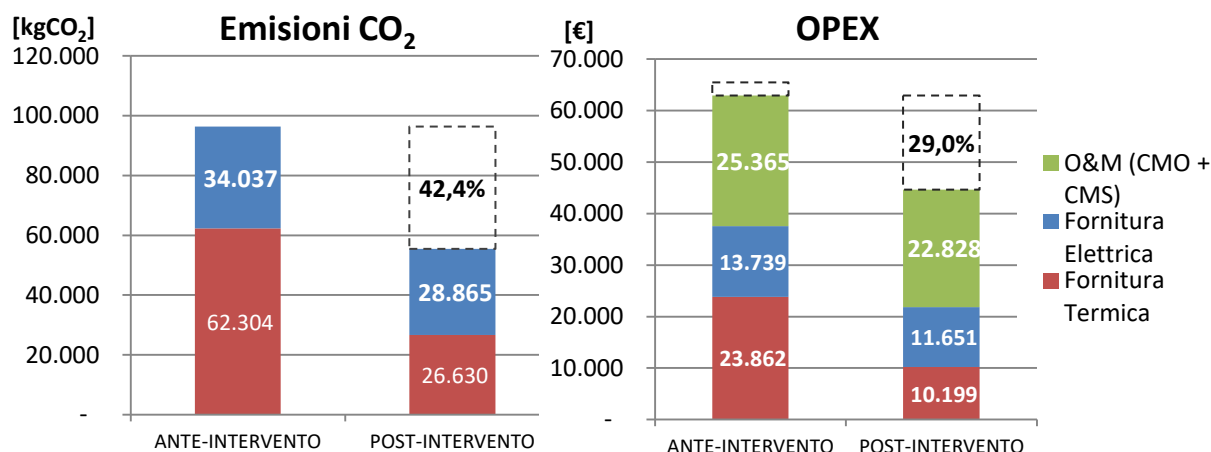
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11.

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Rendimento di generazione	[-]	91	107	15,0%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	74	99	25,3%
EEM4 - potenza elettrica installata	[W]	2715	900	66,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	310.097	132.539	57,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	73.042	61.942	15,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	308.437	131.830	57,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	72.885	61.808	15,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	62.304	26.630	57,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.037	28.865	15,2%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	96.342	55.494	42,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	23.862	10.199	57,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.739	11.651	15,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37.600	21.850	41,9%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	20.038	18.034	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	5.327	4.794	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	25.365	22.828	10,0%
OPEX	[€]	62.965	44.678	29,0%

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: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/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– IMPIANTO

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		5
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	62.525
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	1.876
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	64.400
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	51.520

Equity	I_E	€	12.880
Fattore di annualità Debito	FA_D		4,55
Rata annua debito	q_D	€	11.335
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	56.675
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	5.155

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	30.820
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	16.488
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€	47.308
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		41,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	12.290
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	2.365
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	110.161
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	17.425
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		164,09%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	7.548
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	368
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.008
Canone O&M €/anno	CnM	€	15.408
Canone Energia €/anno	CnE	€	19.610
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	35.018
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	9.925
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	44.943
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	11.275
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	25.010
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 = Io / FC, Anni	T.R.S.		4,52
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		4,89
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	74.770
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		23,37%
Indice di Profitto	IP		119,58%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,20
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,45
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	51.804
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		64,05%

Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,325
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	3,849
Indice di Profitto Azionista	IP	82,85%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

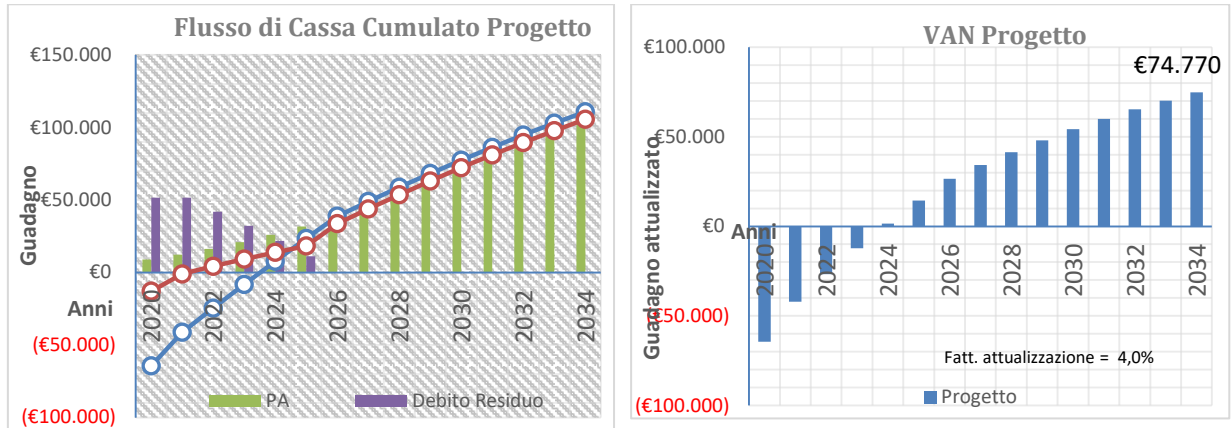
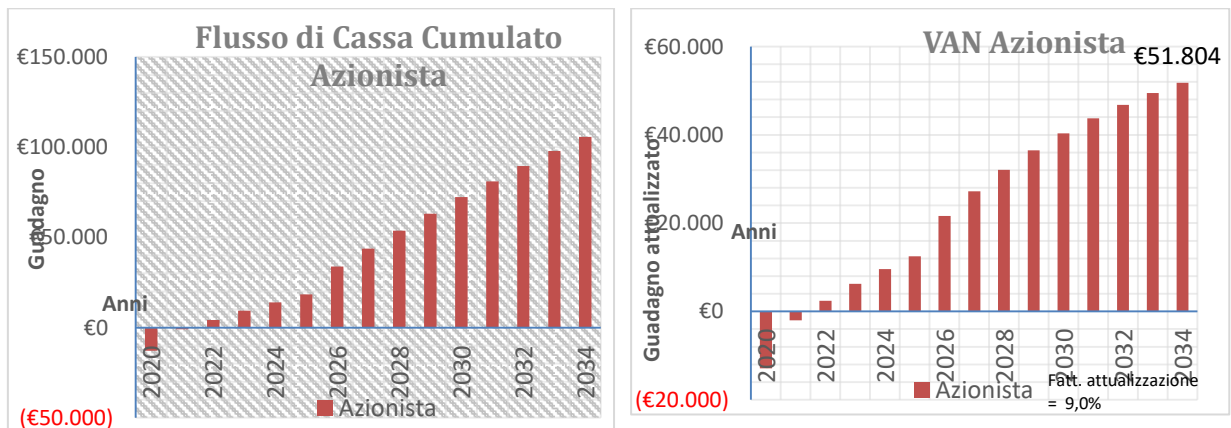
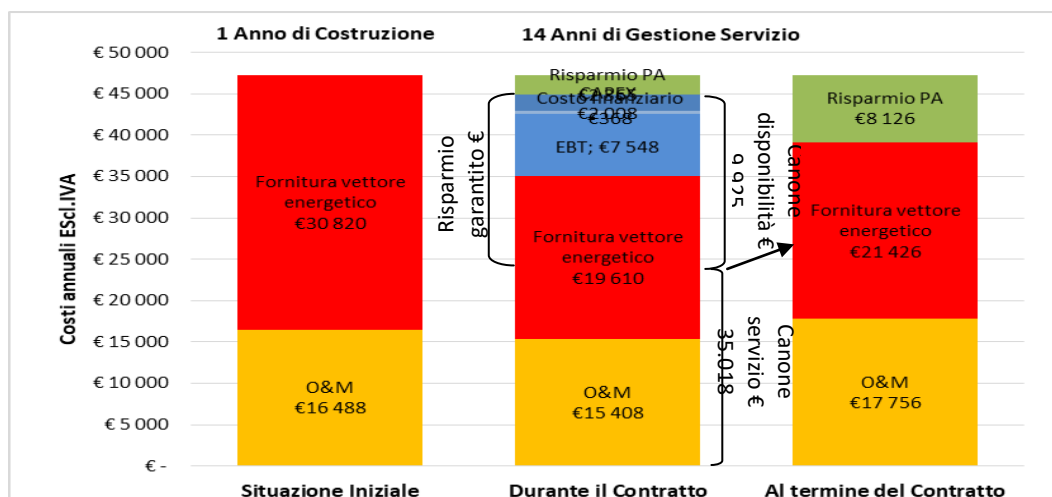


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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



9.3.1 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO

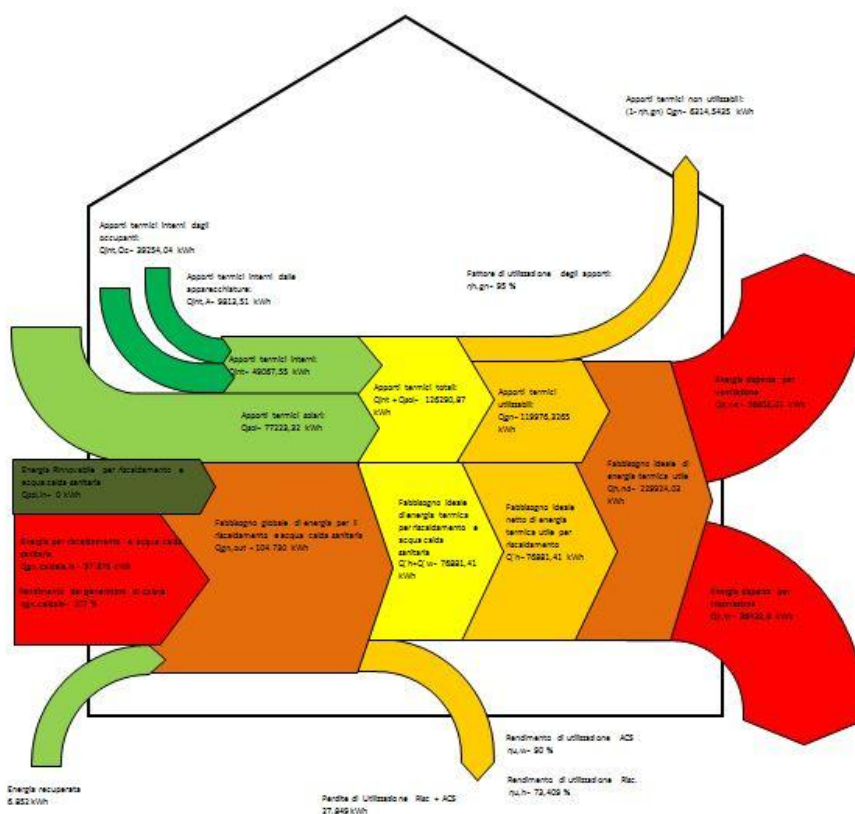
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

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	78.473,75 €	17.264,23 €	95.737,98 €
EEM2 Fornitura & Posa	32.374,56 €	7.122,40 €	39.496,97 €
EEM3 Fornitura & Posa	4.654,13 €	1.023,91 €	5.678,03 €
Costi per la sicurezza	3.465,07 €	762,32 €	4.227,39 €
Costi per la progettazione	8.085,17 €	1.778,74 €	9.863,91 €
TOTALE (I₀)	127.052,68 €	27.951,59 €	155.004,27 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	20.038,20 €	5.326,61 €	25.364,81 €
EEM2 O&M	18.034,38 €	4.793,95 €	22.828,33 €
EEM3 O&M	20.038,20 €	5.326,61 €	25.364,81 €
TOTALE (C_M)	18.034,38 €	4.793,95 €	22.828,33 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	77.502,14 €	[€]
Durata incentivi		5	[Anni]
Incentivo annuo		15.500,43 €	[€/anno]

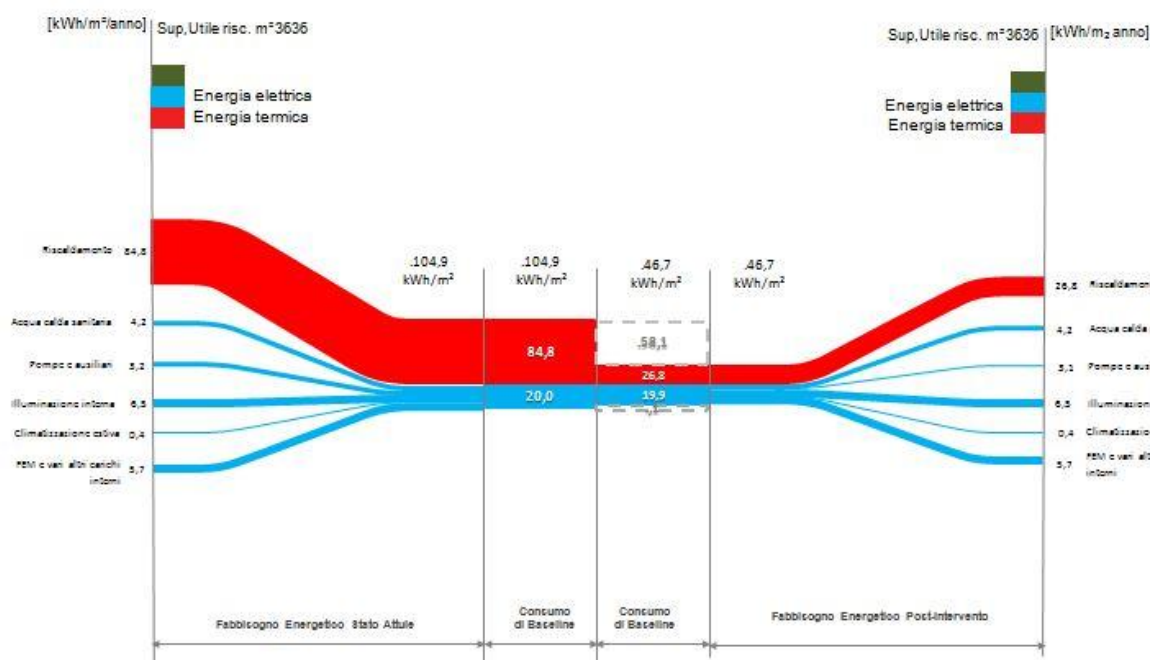
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

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 E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1: Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,899	0,203	89,3%
EEM2: Rendimento di generazione	[-]	91	107	15,0%
EEM3: Rendimento di regolazione	[-]	74	99	25,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	310.097	97.879	68,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	73.042	72.637	0,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	308.437	97.355	68,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	72.885	72.481	0,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	62.304	19.666	68,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.037	33.849	0,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	96.342	53.514	44,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	23.862	7.532	68,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.739	13.663	0,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37.600	21.194	43,6%
C_{MO}	[€]	20.038	18.034	10,0%
C_{MS}	[€]	5.327	4.794	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	25.365	22.828	10,0%
OPEX	[€]	62.965	44.023	30,1%

Classe energetica

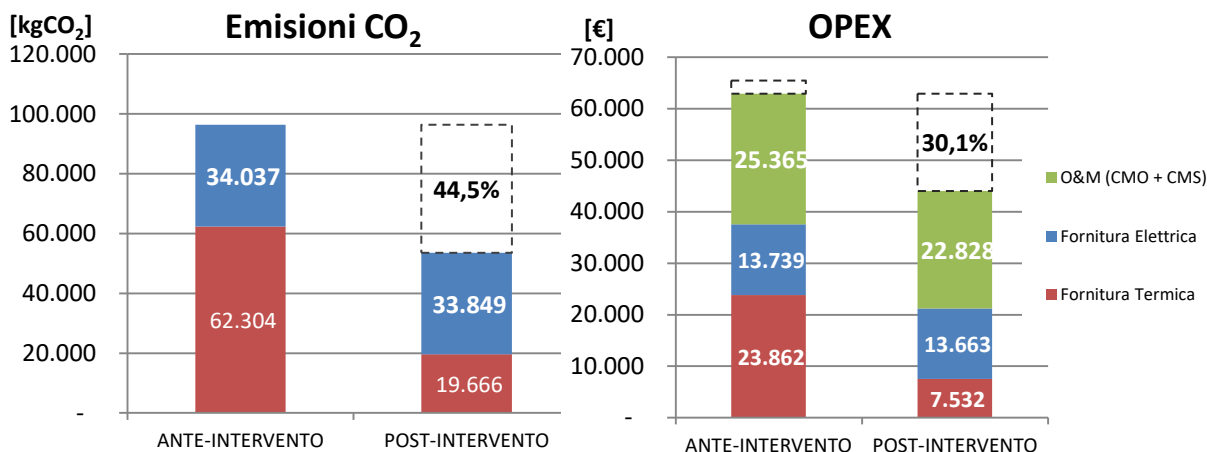
[-]

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: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/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 E IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	2
Anni Gestione Servizio	n_s	23
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 155.004
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 4.650
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 159.654
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 127.724

Equity	I_E	€	31.931
Fattore di annualità Debito	FA_D		8,30
Rata annua debito	q_D	€	15.385
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	153.850
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	26.127

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	30.820
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	16.488
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	47.308
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		43,6%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		13,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	11.095
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	6.150
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	365.547
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	20.346
N° di Canoni annuali	anni		23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		20,92%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	1.452
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.136
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.357
Canone O&M €/anno	CnM	€	15.842
Canone Energia €/anno	CnE	€	20.371
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	36.213
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	4.945
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	41.158
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	27.952
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	77.502
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2023

Tabella 9.20 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		9,29
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		15,99
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	VAN > 0	€	11.420
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		5,29%
Indice di Profitto	IP		7,37%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		4,14
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		10,78
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	VAN > 0	€	6.368
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		15,04%

Debit Service Cover Ratio	DSCR > 1,3	1,087
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,055
Indice di Profitto Azionista	IP	4,11%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

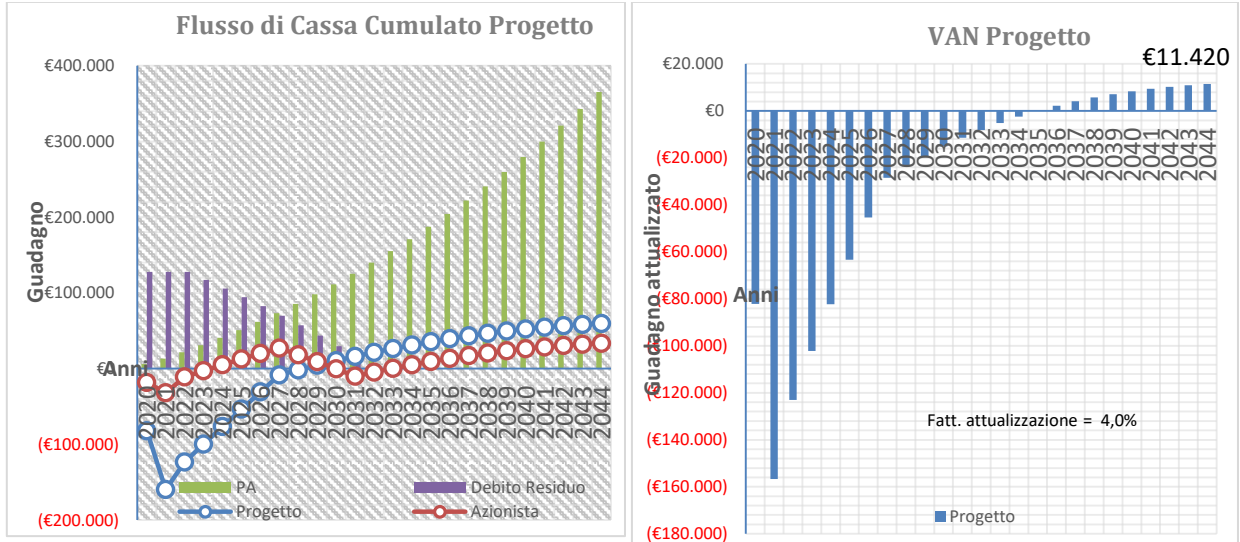
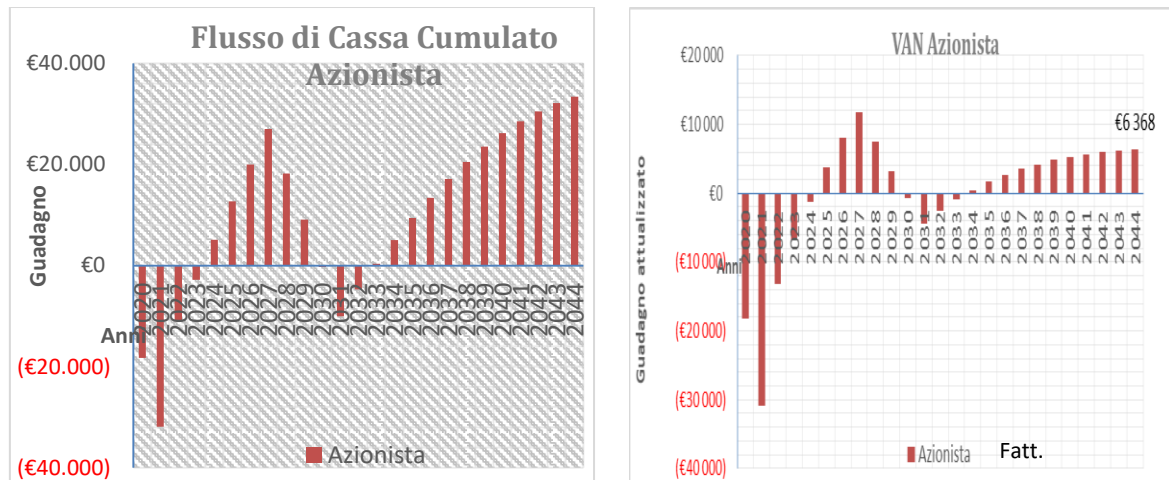
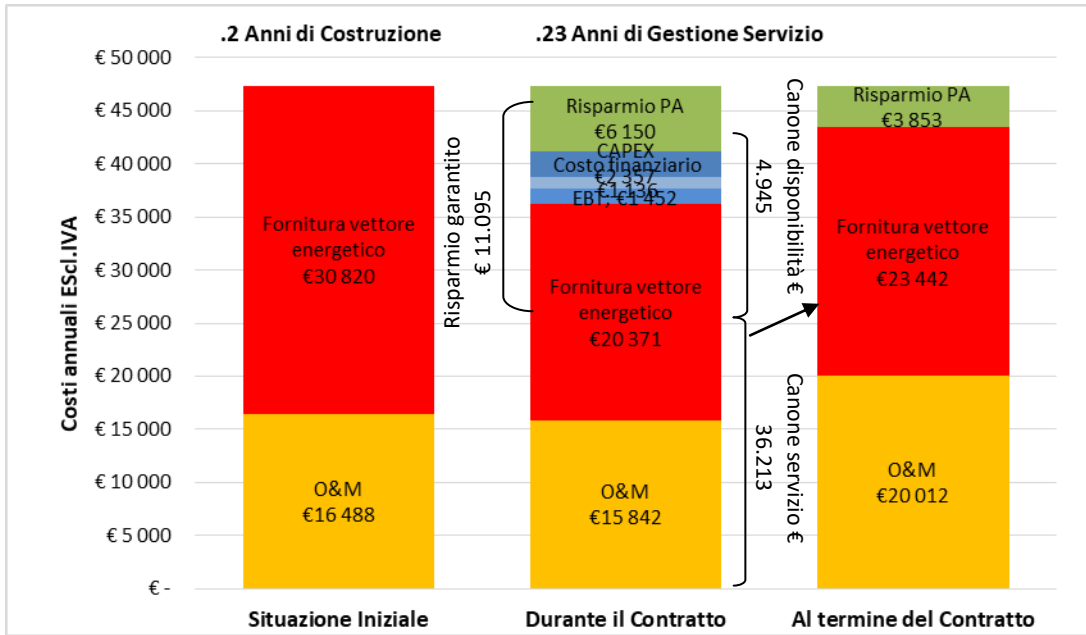


Figura 9.19– SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore con uno modulare a condensazione (EEM2), l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM3) e la sostituzione dell'attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili (EEM4).
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione dell'isolamento della copertura dall'estradosso (EEM1) con la sostituzione del generatore di calore (EEM2) e l'installazione di valvole termostatiche (EEM3).

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Rendimento generatore	[-]	91	107	15,0%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	74	99	25,3%
EM4 - Potenza installata	[W]	2715	900	66,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	310.097	132.539	57,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	73.042	61.942	15,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	308.437	131.830	57,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	72.885	61.808	15,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	62.304	26.630	57,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.037	28.865	15,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	96.342	55.494	42,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	23.862	10.199	57,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.739	11.651	15,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37.600	21.850	41,9%
C_{MO}	[€]	20.038	18.034	10,0%
C_{MS}	[€]	5.327	4.794	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	25.365	22.828	10,0%
OPEX	[€]	62.965	44.678	29,0%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,899	0,203	89,3%
EEM2 - Rendimento generatore	[-]	91	107	15,0%

EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	74	99	25,3%
Q _{teorico}	[kWh]	310.097	97.879	68,4%
EE _{teorico}	[kWh]	73.042	72.637	0,6%
Q _{baseline}	[kWh]	308.437	97.355	68,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	72.885	72.481	0,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	62.304	19.666	68,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.037	33.849	0,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	96.342	53.514	44,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.862	7.532	68,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.739	13.663	0,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37.600	21.194	43,6%
C _{MO}	[€]	20.038	18.034	10,0%
C _{MS}	[€]	5.327	4.794	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	25.365	22.828	10,0%
OPEX	[€]	62.965	44.023	30,1%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

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	42,4	42,4	15.751	2.004	533	62.524	2,2	2,45	15	51.804	64,05	82,85	1,325	3,849
SCN 2	44,5	44,5	16.406	2.004	533	155.004	4,14	10,78	25	6.368	15,04	4,11	1,087	1,055

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 due classi energetiche, ed in particolare per l'edificio in esame dalla G alla E**, attraverso entrambi gli scenari proposti e 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 dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell'impianto termico.

Tuttavia, lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere lo scenario 1 che prevede l'efficientamento dell'impianto termico mediante la sostituzione dei generatori con tre a condensazione, un sistema di regolazione e controllo della temperatura per ogni singolo ambiente e l'installazione di circolatori a giri variabili. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 42.827 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 223.809 kWh**.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1198_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5-E1198_rev D-ALLEGATO B_Diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5-E1198_rev D-ALLEGATO B_Planimetrie con posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5-E1198_rev D-ALLEGATO B_Schema funzionale CT DE_Lotto. n5-E1198_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1198_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1183_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1198_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1198_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 – E1198_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	24/05/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	24/05/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	24/05/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev C-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	24/05/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML)con firma digitale	24/05/18	DE_Lotto. n5 – E1198_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 – E1198_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1198_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 – E1198_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1198_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM