

Scuola materna “FANTASIA” e Scuola elementare “N. GALLINO”

E1291

VIA ISOCORTE 1B

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



Luglio/2018

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



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Scuola materna “FANTASIA” e Scuola elementare “N. GALLINO”

E1291

VIA ISOCORTE 1B

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	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
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	25
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	26
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	26
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	27
5 CONSUMI RILEVATI	29
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	29
5.1.1 <i>Energia termica</i>	29
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	32
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	36
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	40
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	40
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	41
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	42
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	43
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	46
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	46
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	46
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	49



7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	52
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	53
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	53
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	55
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	55
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	55
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	59
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	65
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	65
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	66
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	66
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	68
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO.....	75
9.3.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO TERMICO</i>	78
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	83
10	CONCLUSIONI	88
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	88
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	88
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	89
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	1
	ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI	1
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA.....	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.....	2
	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		1956
Anno di ristrutturazione		2011-12 (sostituzione parziale infissi, riparazioni in copertura, adeguamento antincendio) 2013-14 (ascensore) 2015-16 (palestra)
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.005
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.494
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	16.117
Rapporto S/V	[1/m]	0,34
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.181
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.181
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	31
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici e generatore istantaneo a gas
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	14.318
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rti} /anno]	37.211
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	2.735
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	14563
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.410

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM1: Cappotto esterno;
- EEM2: Isolamento solaio di copertura;
- EEM3: Generatore modulare a condensazione;
- EEM4: Valvole termostatiche;
- EEM5: Circolatore con inverter.

- SCN1: IMPIANTO TERMICO (EEM3+4+5);
- SCN2: INVOLUCRO E IMPIANTO (EEM1+2+3+4).

Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI														
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MIO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR	
EEM 1	9,2	9,2	3.370	-	-	186.424	25,9	37,9	30	-39.921	0,7	-0,21	-	-	
EEM 2	3,7	3,7	1.369	-	-	42.125	15,7	27,8	30	831	4,3	0,02	-	-	
EEM 3	23,8	23,8	8.732	1.413	376	49.659	3,4	3,7	15	73.019	24,9	1,47	-	-	
EEM 4	11,1	11,1	4.084	-	-	6.246	1,6	1,7	15	33.038	57,7	5,29	-	-	
EEM 5	3,8	3,8	1.826	-	-	4.277	2,5	2,7	15	13.491	38,6	3,15	-	-	
SCN 1	37,6	37,6	14.231	1.413	376	60.182	2,33	2,62	-	24.936	51,16	0,41	1,347	2,205	
SCN 2	44,5	44,5	16.329	1.413	376	284.453	15,0	4,44	-	10.938	23,0	0,04	1,087	0,721	

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

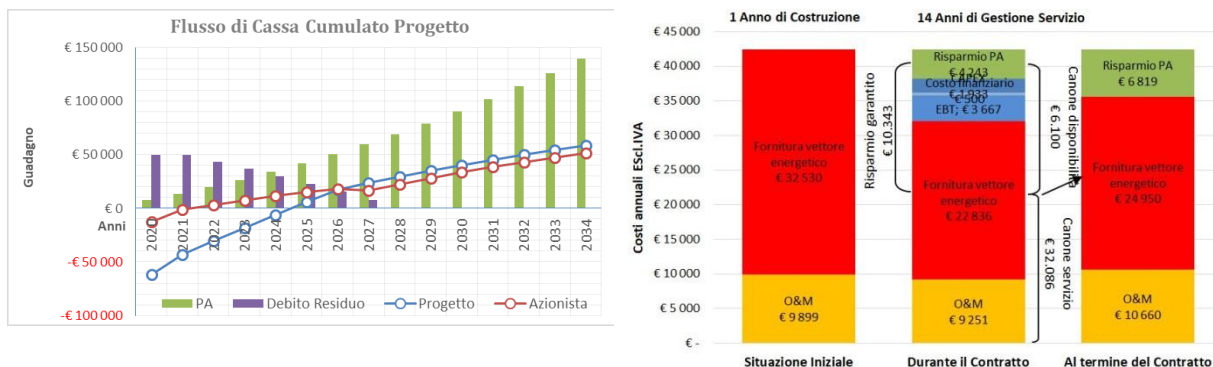
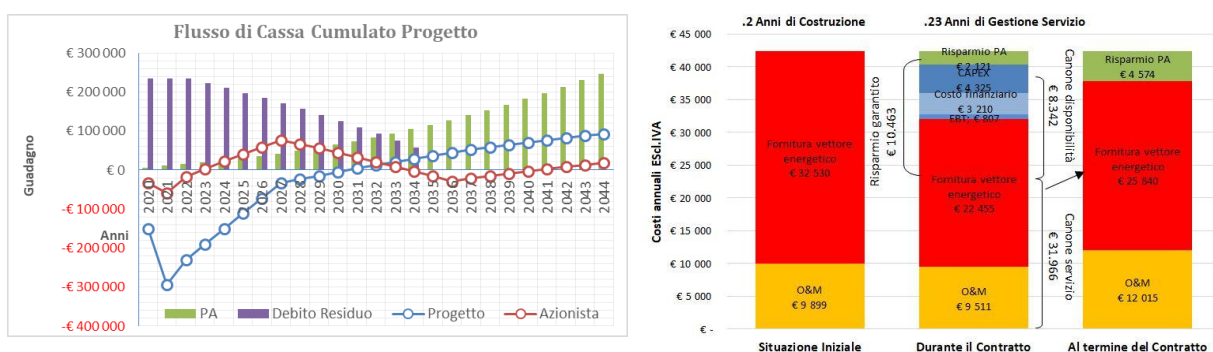


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire **un miglioramento energetico in condizioni standard di almeno tre classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla G alla D**, attraverso lo scenario proposto SCN1 secondo le specifiche tecniche riportate nella presente DE.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità rilevate dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico, oltre che dell’involucro opaco.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede un’azione congiunta su involucro e impianto con l’efficientamento dell’involucro mediante la realizzazione del cappotto esterno e dell’isolamento del solaio di copertura e l’efficientamento dell’impianto con la sostituzione del generatore di calore e l’installazione di valvole termostatiche dove non attualmente presenti. Questo scenario presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima, per lo scenario 2 che risulta essere quello più performante in termini di ambientali, **una riduzione complessiva di 44.447 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, **sarebbe possibile risparmiare 230.866 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 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 delle facciate sud-ovest



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

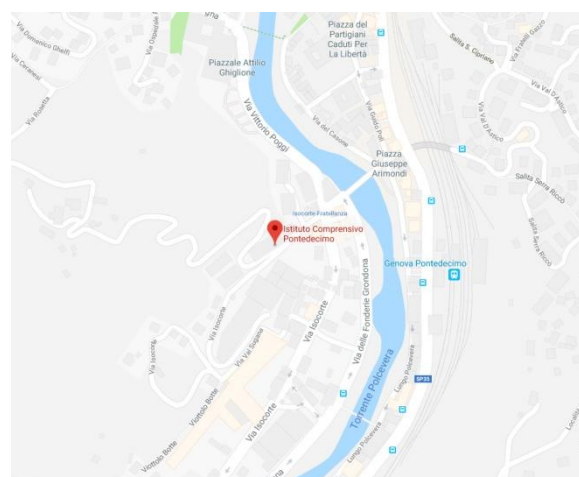
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carmela Palmieri Marco Santomauro Fabio Armillotta Pierluigi Fecondo Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Sopralluogo in sito
Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Roberta Campanella		Elaborazione dei dati 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. 4 Mapp. 255 come ente urbano è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Pontedecimo, un quartiere genovese della val Polcevera, posto al limite settentrionale del territorio comunale, alla confluenza dei torrenti Verde e Riccò, convenzionalmente considerata l'inizio del torrente Polcevera. Comune autonomo fino al 1926, Pontedecimo nella nuova ripartizione in vigore dal 2005 è una "unità urbanistica" del Municipio V Valpolcevera.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1956
Anno di ristrutturazione		2011-12 (sostituzione parziale infissi, riparazioni in copertura, adeguamento antincendio) 2013-14 (ascensore) 2015-16 (palestra)

Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.005
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.494
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	16.117
Rapporto S/V	[1/m]	0,34
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.181
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	-
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	3.181
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	Generatore tradizionale
Tipologia generatore riscaldamento		31
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	-
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Gas naturale
Tipo di combustibile	Boiler elettrici e generatore istantaneo a gas	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		14,318
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	37.211
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rit} /anno]	2.735
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	14563
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	3.410
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.005

Nota (1): Valori di Baseline

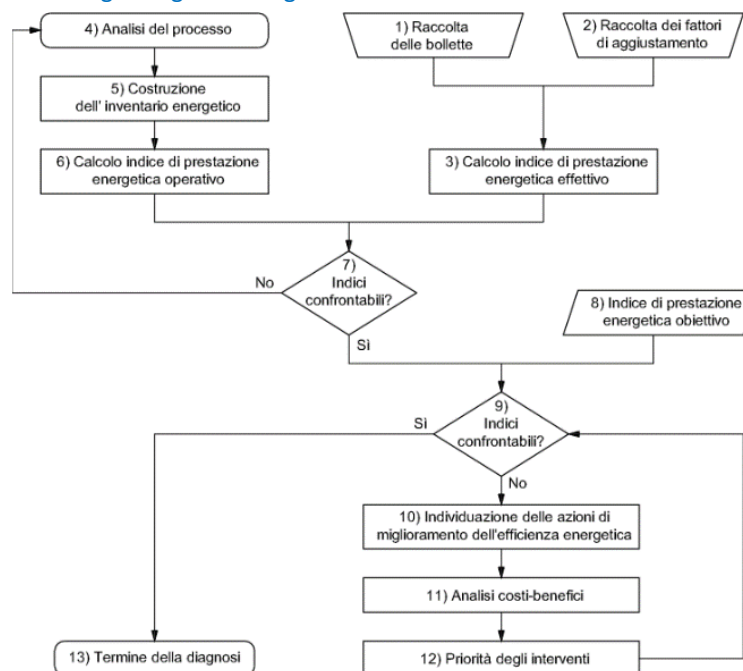
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 06/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;

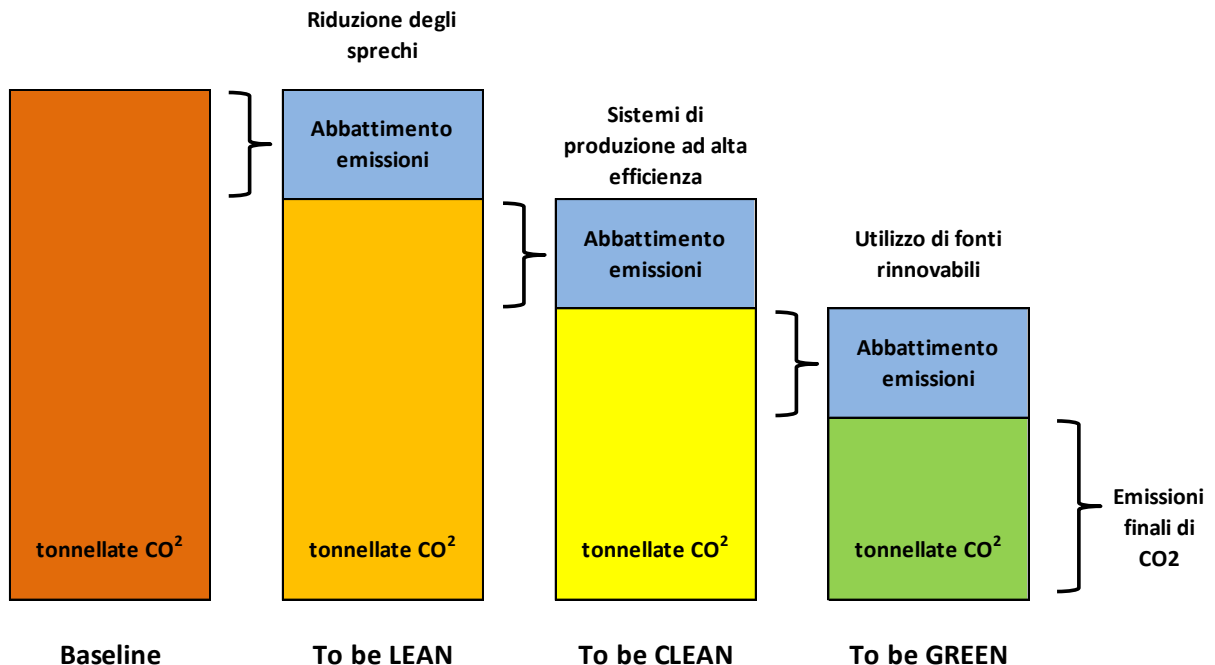
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati Climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂, secondo tre livelli consequenziali:

- **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianto (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- **To be Clean:** Aumento dell'efficienza dei sistemi di produzione in loco dell'energia tramite lo sfruttamento di tecnologie ad alto rendimento (es: sostituzione generatore di calore con uno ad alta efficienza, chiller ad alta efficienza, teleriscaldamento, teleraffrescamento, cogenerazione);
- **To be Green:** Produzione di energia da fonti rinnovabili (es: pompe di calore, fotovoltaico, ecc.).

Secondo questo modello di gerarchia energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all'adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno energetico primario.

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

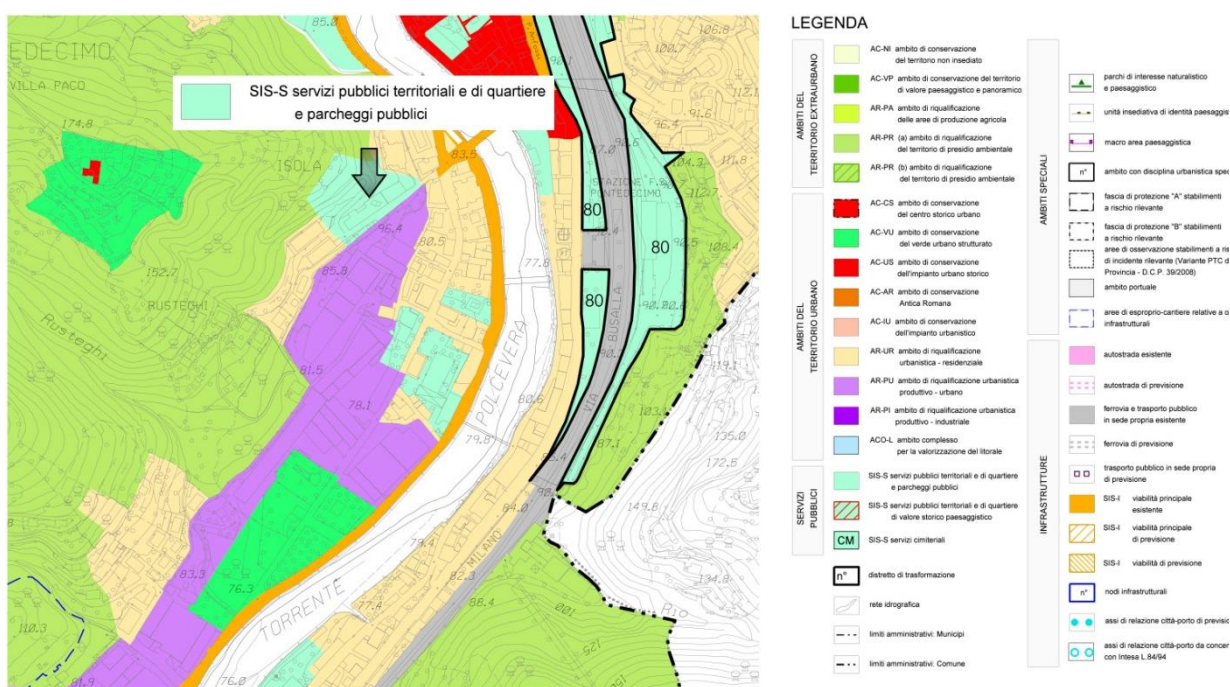
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

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 Pontedecimo, che confina a levante con il comune di Serra Riccò, a nord con il comune di Mignanego, a ponente con i comuni di Campomorone e Ceranesi, a sud con San Quirico. L'area di Pontedecimo comprende una piccola porzione nel fondovalle della val Polcevera intorno alla confluenza dei torrenti Verde e Riccò, nei pressi della quale sorge il centro abitato, e la collina di Cesino, che divide le valli dei due torrenti. Fanno parte del quartiere un breve tratto su entrambe le sponde del Polcevera a valle della confluenza e il tratto finale del torrente Verde fino al confine con i comuni di Ceranesi e Campomorone. Nel secondo dopoguerra l'espansione edilizia conseguente all'aumento di popolazione ha finito per occupare quasi tutti gli spazi verdi intorno al primitivo borgo; Pontedecimo si è ingrandito nella valle del torrente Verde, arrivando a formare un'unica conurbazione con il vicino centro di Campomorone, nella valle del torrente Riccò fino alla località Rimessa, al confine con il comune di Mignanego ed in parte anche sul versante collinare di San Cipriano.

L'edificio, che ospita le due scuole, è sede dell'istituto comprensivo Pontedecimo, di cui fa parte anche la scuola secondaria di I grado Don Oregno. L'Istituto Comprensivo nasce nel 2000 ed è l'istituto della scuola dell'obbligo di Pontedecimo. E' stato uno dei primi Istituti Comprensivi creati nel Comune di Genova, nel rispetto della legge n.30/2000.

L'edificio è stato realizzato nel 1956 ed è stato ristrutturato a partire dal 2011-2012, quando è stata realizzata una parziale sostituzione degli infissi, la riparazione della copertura e l'adeguamento antincendio. Nel 2013-2014 è stato installato un nuovo ascensore e nel 2015-2016 è stata completamente ristrutturata la palestra con tutto il blocco servizi. In via Isocorte si trova la sede legale dell'Istituto.

L'edificio di via Isocorte, ospita al primo piano gli uffici di segreteria del personale docente, degli alunni e del DSGA. Al secondo piano si trovano le cinque sezioni della scuola dell'Infanzia "Fantasia". Le classi della scuola primaria "N. Gallino" sono situate nel resto dell'edificio tra il terzo e il quinto piano.

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 "Fantasia", con un suo ingresso separato dal cancello sito nella curva dell'edificio, è costituita da cinque sezioni con bambini di età eterogenea (125 bambini), ed ha una palestra, un terrazzo, un'aula video, una biblioteca e un'aula per attività didattiche polivalenti. La scuola primaria N. Gallino ospita invece 2 sezioni (250 bambini).

Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 375 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 materna ed elementare, oggetto della DE, è disposto su sei livelli principali: al piano terra ci sono l'atrio di ingresso, la palestra con gli ambienti a servizio, un magazzino, un archivio e il locale tecnico; al piano primo ci sono gli uffici di segreteria, lo spogliatoio per il personale, il refettorio, la cucina, la dispensa e i servizi igienici; al secondo ci sono le cinque aule della scuola dell'infanzia, una stanza multifunzione, il locali e i servizi igienici del personale, una palestra e i servizi igienici; al secondo ci sono quattro aule didattiche; dal terzo al quinto piano ci sono le aule e i servizi igienici della scuola elementare.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Atrio di ingresso, palestra, spogliatoi e servizi igienici, magazzino, archivio, locale tecnico	[m ²]	544	468	-
Primo	uffici di segreteria, spogliatoio per il personale, refettorio, cucina, dispensa e i servizi igienici	[m ²]	553	545	-
Secondo (scuola materna)	5 aule didattiche, piccola palestra, stanza multifunzione e servizi igienici	[m ²]	521	498	-
Terzo (scuola primaria)	4 aule didattiche, 1 aula informatica, 1 aula video, 1 aula per il sostegno, biblioteca, 1 locale di servizio per il personale e servizi igienici	[m ²]	521	498	-
Quarto (scuola primaria)	6 aule didattiche, 1 aula digitale, 1 locale di servizio per il personale e servizi igienici	[m ²]	521	498	-
Quinto (scuola primaria)	7 aule didattiche, 1 locale di servizio per il personale e servizi igienici	[m ²]	521	498	-
TOTALE		[m ²]	3.181	3.005	-

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, costruito nel periodo di espansione edilizia di questa zona del secondo dopoguerra, 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 così come i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

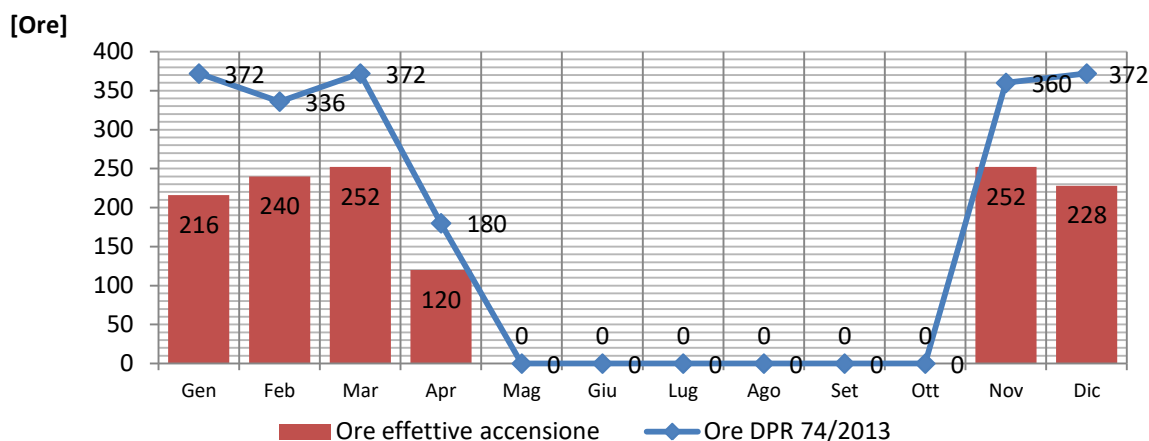
Nella Tabella 2.2 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 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., i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1161 GG su 109 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

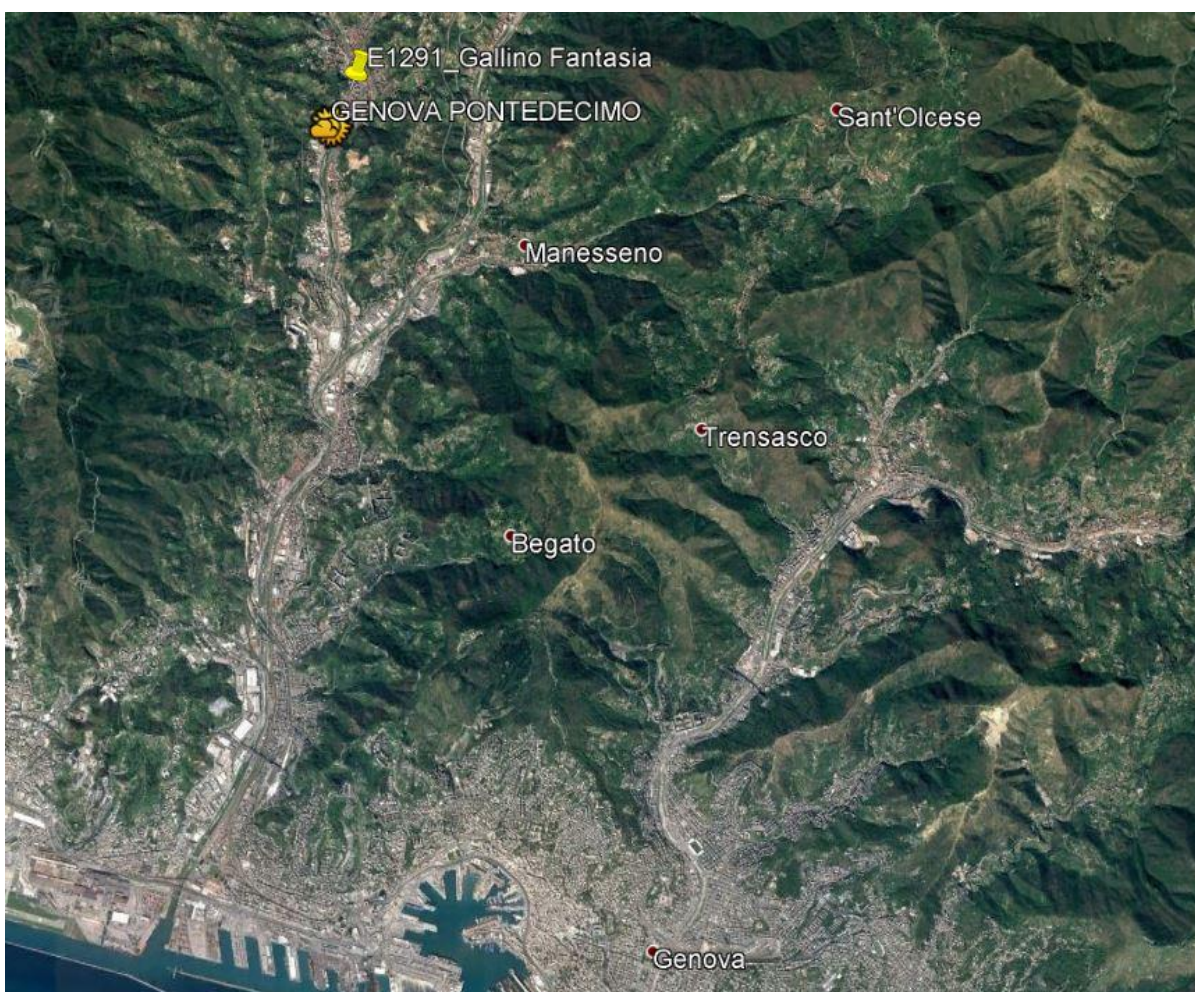
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA-PONTEDECIMO (Long. 8° 54' 0.36" – Lat. 44° 29' 18.672" – Altezza sul livello del mare 75m).

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

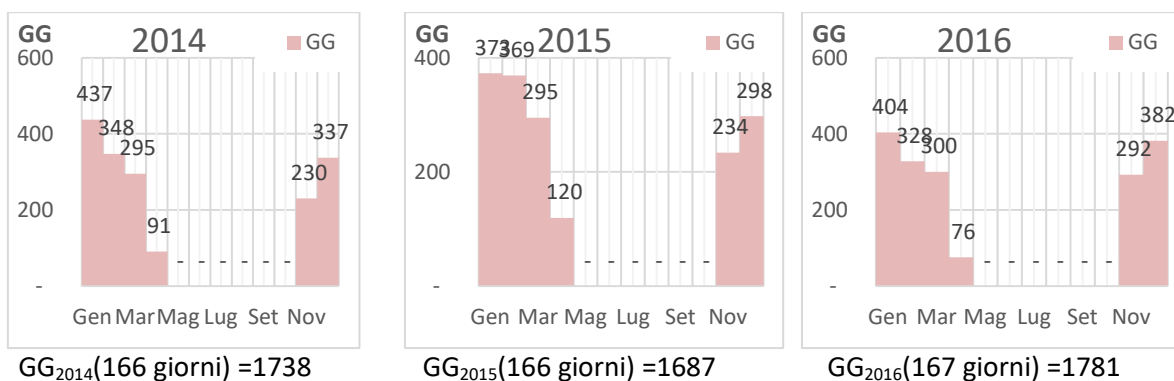


3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

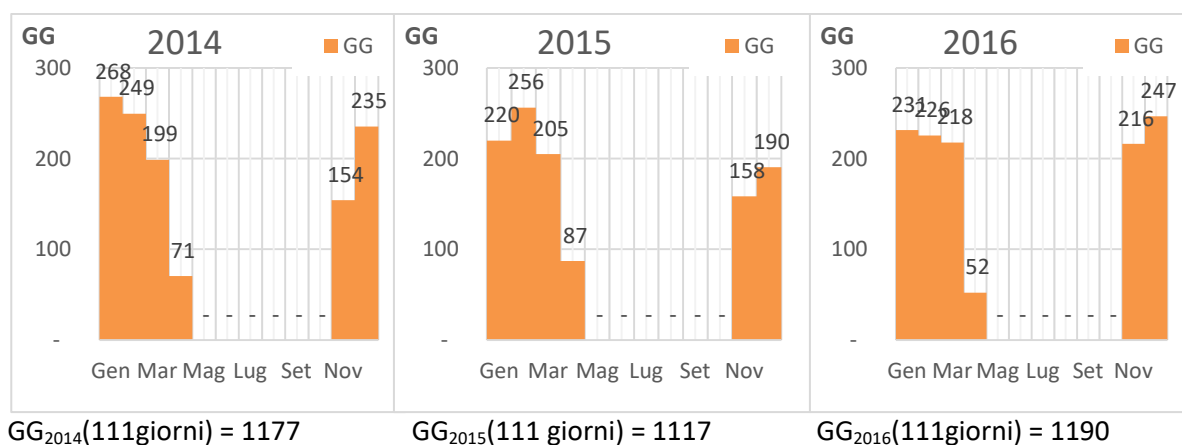


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2., i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1161 GG calcolati 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 calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura a cassetta con spessore da 45 a 36 cm complessivi, realizzata con blocchi in laterizio semipieni da 10 cm e intercapedine d'aria non isolata. La muratura è intonacata su entrambi i lati ed è uguale su tutti i fronti dell'edificio. Le zone sottofinestra, nella maggior parte degli ambienti, presentano una muratura con spessore ridotto per l'inserimento dei corpi scaldanti. La struttura è a telaio in cemento armato. I solai sono in laterocemento (tipo sap). Il solaio di copertura, piano e privo di isolamento, è accessibile dal vano scala principale. I ponti termici non sono isolati.

Figura 4.1 – Vista della copertura



Figura 4.2 - Particolare delle zone con muffe nell'aula digitale al quarto piano.

Questa soluzione realizzativa presenta tutte le problematiche tipiche delle strutture a telaio non isolate. In alcune aule, in corrispondenza dei ponti termici di travi e pilastri, sulle pareti sono presenti muffe.



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 della struttura;
- Dispersioni dell'involucro edilizio in corrispondenza delle zone sottofinestra.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte nord ovest



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine Termografica

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio interpiano	SL01	[33,5]	[assente]	[1.58]	[discreto]
Solaio copertura piana	SL02	[37.5]	[assente]	[1.58]	[mediocre]
Solaio di copertura palestra	SL05	[38.4]	[assente]	[1.56]	[mediocre]
Solaio controterra	SL13a	[34.5]	[assente]	[2.02]	[discreto]
Parete esterna verticale	[MR01]	[42]	[assente]	[1,22]	[pessimo]
Parete divisoria 1	[MR11]	[18]	[assente]	[1.33]	[discreto]
Parete divisoria 2	[MR12]	[30]	[assente]	[1.66]	[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 e in legno con vetro singolo.

Gli infissi in PVC sono stati installati in quasi tutti gli ambienti dell'edificio, in occasione della ristrutturazione del 2011 e, in generale, sono in buone condizioni. Gli infissi originari in legno con vetro singolo sono ancora presenti nei vani scala e presentano diverse problematiche di tenuta all'acqua e all'aria, oltre che elevate dispersioni termiche.

Gli infissi dei nuovi servizi della palestra sono in PVC con vetrocamera e sono stati installati in occasione della ristrutturazione della palestra nel 2015-16.

Gli infissi di accesso alla scuola e della palestra sono in alluminio con vetro singolo.

Non è presente su nessun fronte un sistema di schermatura esterno.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



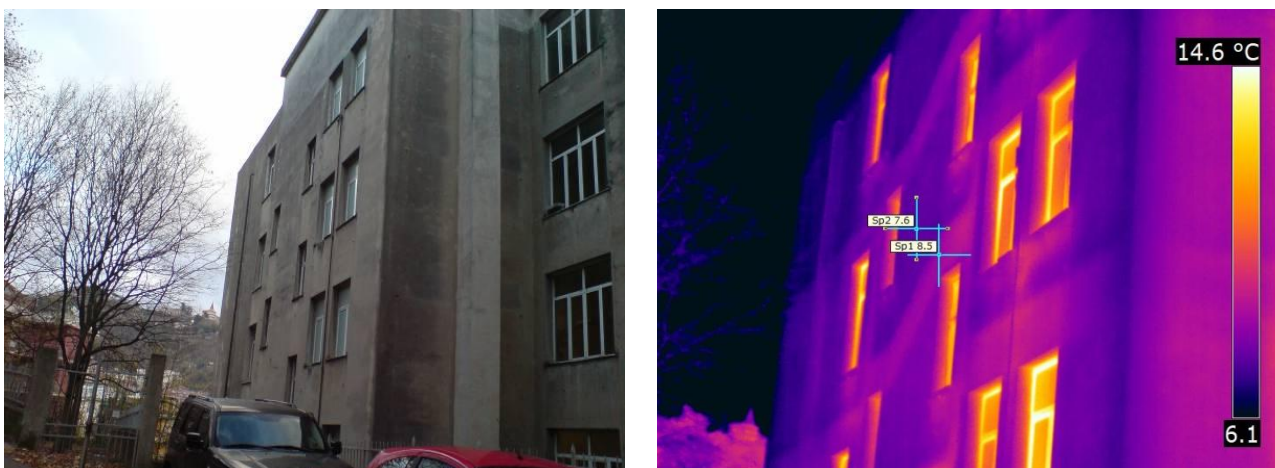
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

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



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento ad un'anta	WN01	[1.30x0.55]	PVC	Vetrocamera	2,72	ottimo
Serramento ad un'anta	WN01	[0.80x1.20]	PVC	Vetrocamera	2,75	ottimo
Serramento ad un'anta palestra	WN02	[0.70x2.40]	alluminio	Vetro singolo	5,68	discreto
Serramento ad un'anta e sopra luce	WN04	[0.80x2.30]	PVC	Vetrocamera	3,027	buono
Serramento a due ante e sopra luce	WN05	[1.50x2.10]	PVC	Vetrocamera	3,043	buono
Serramento a due ante	WN06	[1.10x1.30]	legno	Vetro singolo	4,40	pessimo
Serramento a quattro ante e sopra luce	WN07	[2.40x2.40]	PVC	Vetrocamera	3,04	buono
Serramento a due ante e sopra luce	WN08	[1.10x2.10]	legno	Vetro singolo	4,55	pessimo

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua. E' presente un generatore di calore a basamento alimentato a gas metano, un gruppo di circolazione costituito da una pompa gemellare a giri fissi, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

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

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

Figura 4.6 - Particolare di un radiatore installato lungo un corridoio



Figura 4.7 – Particolare di un radiatore installato all'interno di un aula



Figura 4.8 - Particolare di un radiatore installato in un ambito di servizio della 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
Edificio scolastico	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Edificio scolastico	Radiatori su parete interna	93%
Palestra	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Palestra	Radiatori su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Piano terra	Su parete interna	2	0,95	1,9	-	-
	Su parete interna	2	2,7	5,4	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	0,81	1,62	-	-
	Su parete interna	2	0,81	1,62	-	-
	Su parete esterna non isolata	15	2,31	34,65	-	-
Piano primo	Su parete esterna non isolata	8	1,84	14,72	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	0,86	2,58	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	1,95	7,8	-	-
	Su parete interna	1	0,86	0,86	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,42	2,84	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,27	2,27	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	2,38	7,14	-	-
Piano secondo	Su parete esterna non isolata	1	1,84	1,84	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,62	3,24	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	0,76	1,52	-	-
	Su parete esterna non isolata	6	2,27	13,62	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,89	1,89	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,95	0,95	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,04	1,04	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,97	2,97	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,41	1,41	-	-
	Su parete esterna non isolata	8	1,3	10,4	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,95	0,95	-	-
Piano terzo	Su parete esterna non isolata	2	1,84	3,68	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,62	3,24	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	0,76	1,52	-	-
	Su parete esterna non isolata	5	2,27	11,35	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,04	1,04	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	2,06	4,12	-	-
	Su parete esterna non isolata	8	1,3	10,4	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,95	3,9	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,89	1,89	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,95	0,95	-	-

Piano quarto	Su parete esterna non isolata	2	1,84	3,68	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,62	3,24	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	0,76	1,52	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	2,27	9,08	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,95	0,95	-	-
	Su parete esterna non isolata	9	1,3	11,7	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,95	3,9	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,08	2,16	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	2,06	4,12	-	-
	Piano quinto	Su parete esterna non isolata	3	1,84	5,52	-
Su parete esterna non isolata		5	1,62	8,1	-	-
Su parete esterna non isolata		3	3,6	10,8	-	-
Su parete esterna non isolata		10	2,27	22,7	-	-
Su parete esterna non isolata		1	0,95	0,95	-	-
Su parete esterna non isolata		1	1,3	1,3	-	-
Su parete esterna non isolata		1	2,06	2,06	-	-
TOTALE		145		256,15	-	-

Nota1: La potenza dei terminali di emissione è stata calcolata sulla base di quanto fornito dalla P.A. e verificata in sede di sopralluogo.

Nota2: La differenza di temperatura tra i terminali di emissione e ambiente è assunta pari a 34,0°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

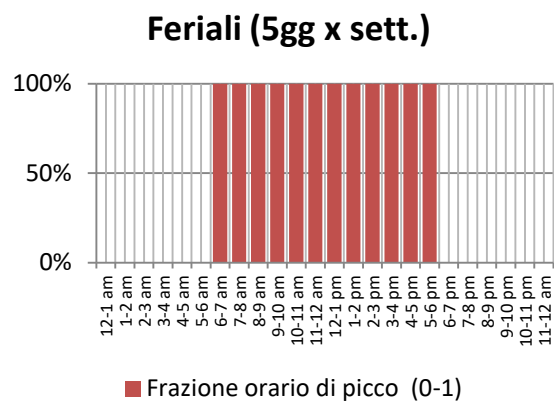
La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata per funzionare dalle 6:00 alle 18:00 dal lunedì al venerdì.

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

Figura 4.9 - Particolare della centralina di termoregolazione in CT



Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Edificio scolastico



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
Edificio scolastico	Solo climatica/centralizzata	79%
Palestra	Per singolo ambiente più climatica	99%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il generatore di calore e i due ed i due collettori di mandata e ritorno fluido termovettore acqua.
- 2) Circuito secondario di collegamento tra i collettori in centrale termica e i radiatori presenti negli ambienti dell'edificio.

1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione gemellare, sul circuito di mandata, più una pompa di circolazione interna di collegamento tra il circuito di mandata ed il circuito di ritorno.

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	P1	Circolazione interna	n.d.	n.d.	0,36 (1)
Circuito di riscaldamento	P2	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri fissi)	n.d.	n.d.	1,70 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	2,06 (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
Edificio scolastico	Mandata	Caldo	66 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	54 (2)	60 (1)

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

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

Circuito secondario: non sono presenti pompe di circolazione a servizio del circuito secondario.

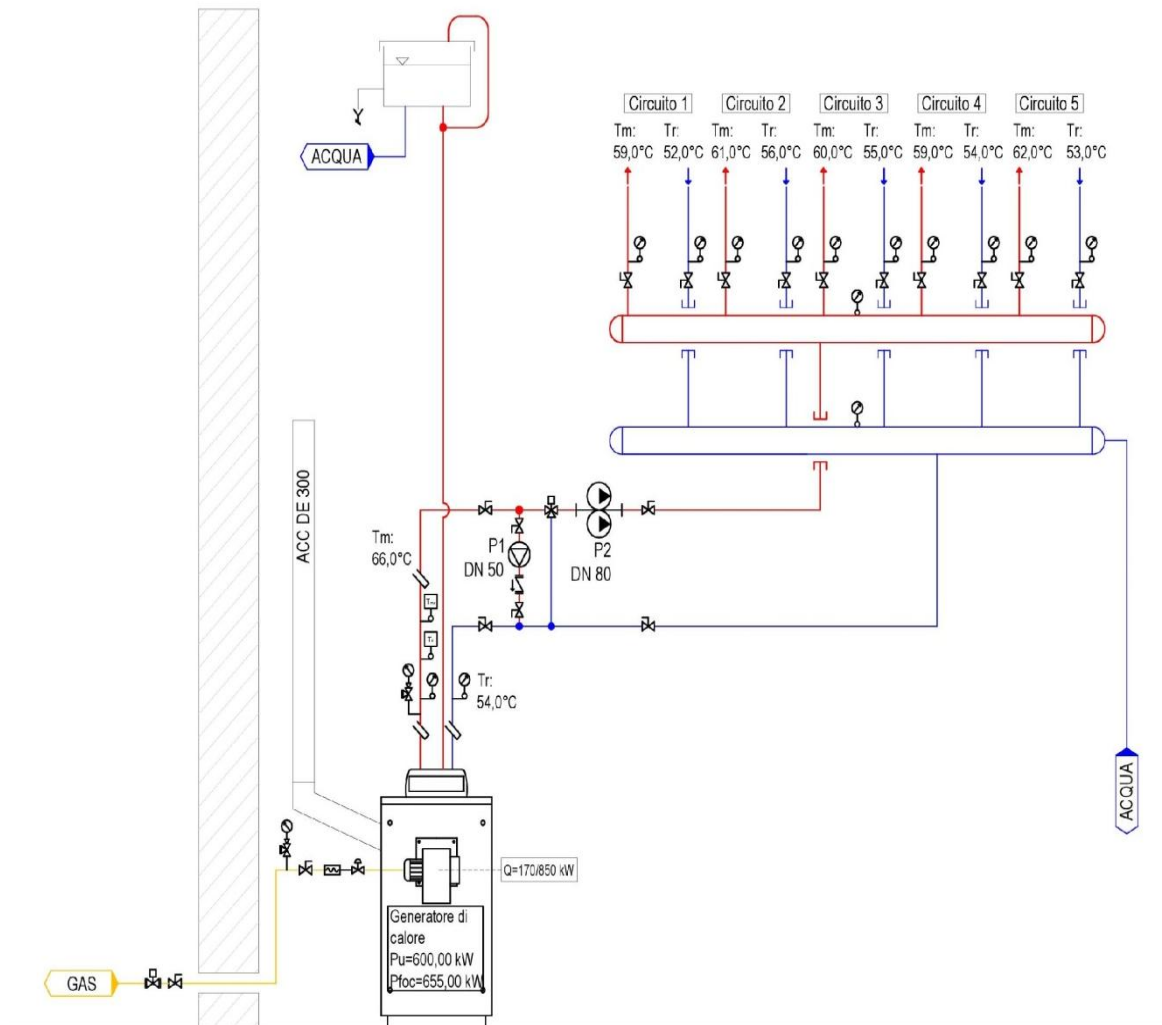
Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito 1 (Palestra)	Mandata	Caldo	59 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	52 (2)	60 (1)
Circuito 2 (Palestra)	Mandata	Caldo	61(2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	56 (2)	60 (1)
Circuito 3	Mandata	Caldo	60(2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	55 (2)	60 (1)
Circuito 4	Mandata	Caldo	59 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	54 (2)	60 (1)
Circuito 5	Mandata	Caldo	62 (2)	80 (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 rilevare le temperature sui 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 un generatore a basamento alimentato a gas metano con potenza termica nominale min/Max pari a 477-600 kW, potenza termica al focolare min/Max pari a 514-655 kW di produzione UNICAL modello P 600, anno di costruzione 2002.

Il bruciatore a servizio del generatore di calore è di marca Baltur, modello TBG 85P con potenza nominale min/Max pari a 170/850 kW del 2009.

Figura 4.12 - Particolare del generatore di calore in CT



Figura 4.13 - Particolare dei sistemi di circolazione e distribuzione in CT



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche del sistema di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	UNICAL	P 600	2002	655 (1)	600 (1)	93,4% (3)	0,150 (2)
Bru 1	Riscaldamento	BALTUR	TBG 85P	2009	-	850 (1)	-	1,20 (1)

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

Nota (2): Valori desunti da scheda tecnica di generatore di pari caratteristiche e stesso periodo di costruzione;

Nota (3): Valori rilevati in sede di sopralluogo sul libretto di centrale.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 75%.

Il rendimento del generatore di calore è stato assunto pari a 93,4% in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo sul libretto di impianto, nella sezione relativa alla prova fumi svolta il 29/11/2017, in mancanza di informazioni più dettagliate non riportate sui dati di targa e non reperibili sulla scheda tecnica (fornita dal produttore).

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

La produzione di ACS per la scuola materna è eseguita tramite un bollitore elettrico ad accumulo della capacità di 75 litri.

Per la palestra e la cucina sono installate due caldaie murali alimentate a gas metano.

Figura 4.14 - Particolare della caldaia murale per produzione di ACS a servizio della palestra



Figura 4.15 - Particolare della caldaia murale per produzione di ACS a servizio della cucina



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

Tabella 4.10 – 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)	n.d.	76% (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 VENTILAZIONE MECCANICA

La ventilazione meccanica controllata degli ambienti di servizio della palestra è effettuata grazie alla presenza di un recuperatore di calore a flussi incrociati installato a soffitto.

Le caratteristiche tecniche del recuperatore di calore rilevate in sede di sopralluogo sono le seguenti:

Potenza nominale: 155 W

Corrente assorbita: 0,7 A

Alimentazione: 230 V – 50 HZ

Figura 4.16 - Particolare del recuperatore di calore installato a soffitto



L’elenco dei componenti dell’impianto di ventilazione meccanica controllata rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 8 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 ascensori, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d’uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Edificio scolastico	PC	34	220	7480	400
	Stampante multifunzione	1	600	600	500
	Stampante	3	80	240	400
	Forno microonde	1	1000	1000	300
	Stufa elettrica	1	2000	2000	1000

Congelatore a pozzo	1	1500	1500	1600
Cappa aspirante cucina	1	300	300	300
Lavastoviglie	1	6750	6750	300
Forno	2	300	600	600
Frigorifero alto	1	380	380	5520
Pentola	2	300	600	400
Frigorifero basso	1	100	100	5520
Lim	12	340	4080	400
Ascensore	1	12000	12000	300

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 tubolari al neon e LED, 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 aule, nei servizi igienici e nei corridoi;
- Lampade LED installate negli spogliatoi della palestra;
- Fari LED installati in palestra.

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Palestra	Faro LED	18	80	1440
	Tubolare emergenza	14	18 (1x18)	252
	LED	2	18 (2X9)	36
	LED	6	36 (2X18)	216
Edificio scolastico	LED	11	40 (2X20)	440
	LED	2	36 (2X18)	72
	Tubolare emergenza	24	18 (1x18)	432
	LED Emergenza	7	11	77
	Tubolare	6	18 (1x18)	108
	Tubolare	6	36 (2X18)	216
	Tubolare	23	36 (1X36)	828
	Tubolare	154	72 (2x36)	11088
Tubolare	5	58 (1x58)	290	
Tubolare	66	116 (2x58)	7656	

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 nella palestra

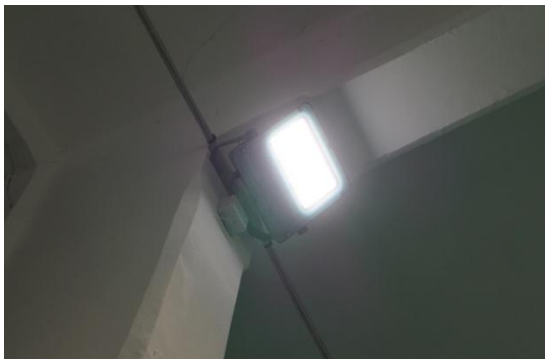


Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel refettorio



5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, 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

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 Elementare Gallino, della Scuola Materna Fantasia e della Palestra;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria e uso cottura a servizio della mensa scolastica;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della Palestra.

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270049382112	Riscaldamento, uso cottura e Produzione ACS	52.553	29.100	28.776	495.051	274.119	271.070
3270021632427	Produzione ACS	18.656	3.715	3.748	175.740	34.995	35.306

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 3270021632427.

Per ciò che concerne il PDR 3270049382112, 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).

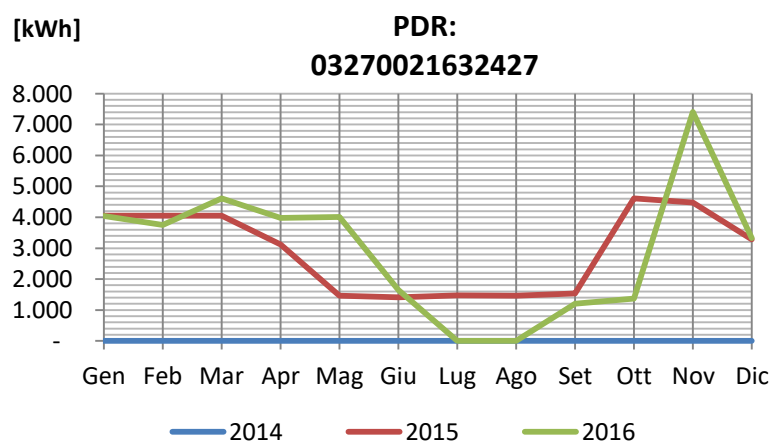
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

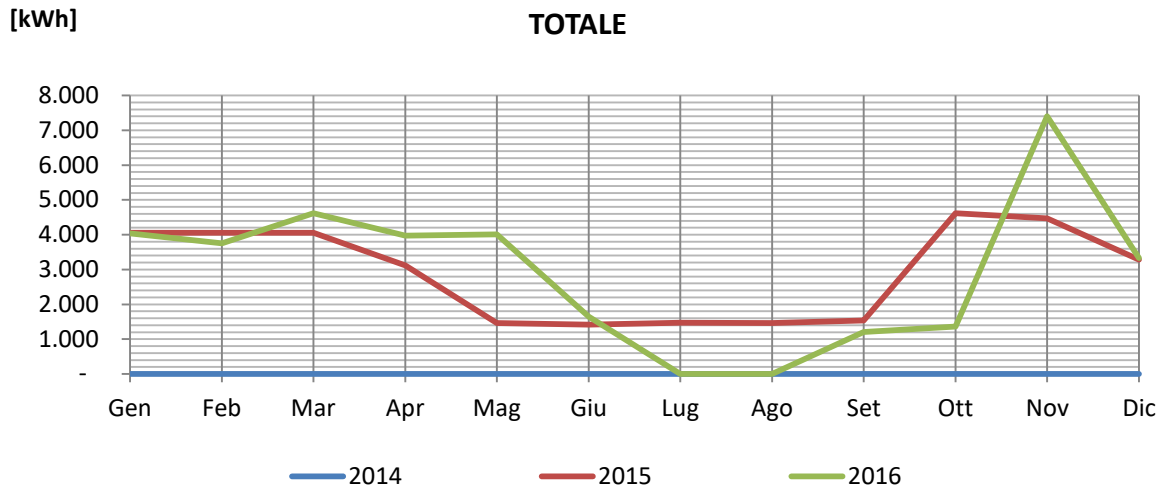
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 03270021632427	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	430	429	-	4.054	4.041
Febbraio	-	430	398	-	4.054	3.749
Marzo	-	430	490	-	4.054	4.616
Aprile	-	331	422	-	3.118	3.975
Maggio	-	155	426	-	1.460	4.013
Giugno	-	150	175	-	1.413	1.649
Luglio	-	156	0	-	1.470	-
Agosto	-	155	0	-	1.460	-
Settembre	-	163	128	-	1.535	1.206
Ottobre	-	490	145	-	4.616	1.366
Novembre	-	475	786	-	4.475	7.404
Dicembre	-	349	353	-	3.288	3.325
Totale	-	3.715	3.752	-	34.995	35.344

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 150 Sm³ nel mese, e un valore di massimo prelievo pari a 786 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:

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

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

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

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 _{REAL} SU 109 GIORNI	GG _{RIF} SU 109 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 919 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1 177	919	52.553	495.191	420,9	386.980	175.740	-
2015	1 117	919	29.100	274.200	245,5	225.738	34.995	-
2016	1 190	919	28.776	271.147	227,8	209.472	35.306	-
Media	1 161	919	36.810	346.846	298,7	274.639	82.014	-

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 alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	82.014
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	274.639
$Q_{baseline}$	356.653

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola elementare Gallino;
- Scuola Materna Bonfieni.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00122489	Edificio scolastico	44.950	59.432	61.892	55.425
TOTALE		44.950	59.432	61.892	VALORA MEDIO FATTURATO 55.425

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

- Per il 2014 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 13% circa;

- (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 51.908 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 2% circa;
(valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 60.805 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 7% circa;
(valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 66.343 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 7% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 59.685 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 59.685 kWh.

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

POD: IT001E00122489	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.912	508	563	3.983
Feb - 14	2.630	459	508	3.597
Mar - 14	3.905	1.197	1.208	6.310
Apr - 14	906	591	694	2.191
Mag - 14	2.791	483	533	3.807
Giu - 14	1.857	392	618	2.867
Lug - 14	681	331	524	1.536
Ago - 14	553	315	559	1.427
Set - 14	1.972	434	505	2.911
Ott - 14	3.694	543	509	4.746
Nov - 14	3.823	516	673	5.012
Dic - 14	4.429	859	1.275	6.563
Totale	30.153	6.628	8.169	44.950
POD: IT001E00122489	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	4.429	859	1.275	6.563
Feb - 15	3.305	779	1.858	5.942
Mar - 15	3.473	814	1.771	6.058
Apr - 15	3.018	694	1.192	4.904
Mag - 15	3.138	761	1.210	5.109
Giu - 15	2.377	668	1.168	4.213
Lug - 15	1.024	621	1.069	2.714
Ago - 15	848	544	1.085	2.477
Set - 15	2.381	539	755	3.675
Ott - 15	4.395	618	634	5.647
Nov - 15	4.494	787	1.149	6.430
Dic - 15	3.658	735	1.307	5.700
Totale	36.540	8.419	14.473	59.432
POD: IT001E00122489	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3.984	770	1.282	6.036

E1291 – Scuola Elementare Gallino e scuola materna statale Fantasia

Feb - 16	4.432	798	1.068	6.298
Mar - 16	3.790	770	1.180	5.740
Apr - 16	3.410	805	1.150	5.365
Mag - 16	4.070	782	1.206	6.058
Giu - 16	2.030	634	1.256	3.920
Lug - 16	931	609	1.036	2.576
Ago - 16	899	566	1.075	2.540
Set - 16	2.461	801	1.060	4.322
Ott - 16	4.235	1.005	1.264	6.504
Nov - 16	4.630	947	1.185	6.762
Dic - 16	3.627	915	1.229	5.771
Totale	38.499	9.402	13.991	61.892

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	3.775	712	1.040	5.527
Febbraio	3.456	679	1.145	5.279
Marzo	3.723	927	1.386	6.036
Aprile	2.445	697	1.012	4.153
Maggio	3.333	675	983	4.991
Giugno	2.088	565	1.014	3.667
Luglio	879	520	876	2.275
Agosto	767	475	906	2.148
Settembre	2.271	591	773	3.636
Ottobre	4.108	722	802	5.632
Novembre	4.316	750	1.002	6.068
Dicembre	3.905	836	1.270	6.011
Totale	35.064	8.150	12.211	55.425

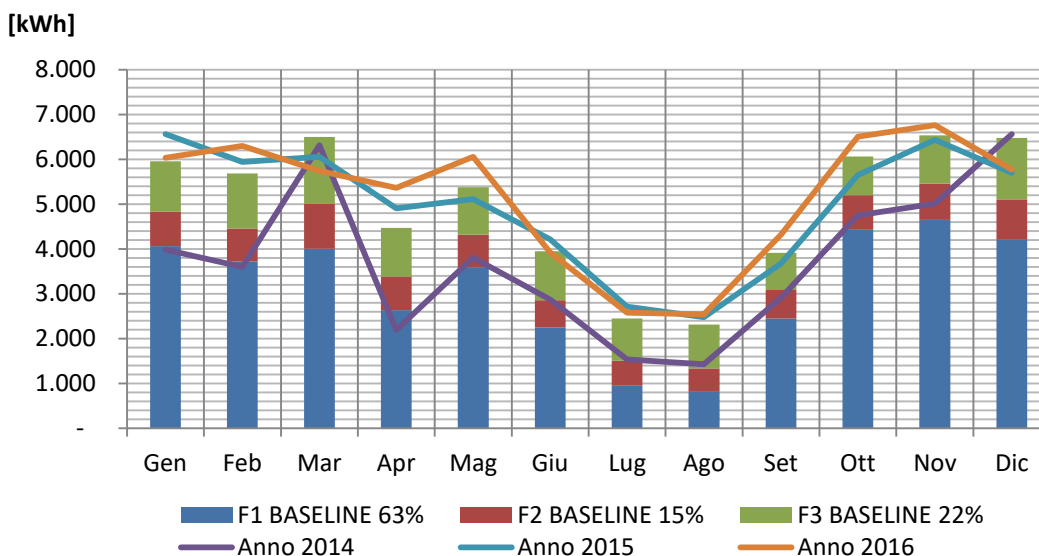
Tabella 5.8 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.775	712	1.040	5.527
Febbraio	3.456	679	1.145	5.279
Marzo	3.723	927	1.386	6.036
Aprile	2.445	697	1.012	4.153
Maggio	3.333	675	983	4.991
Giugno	2.088	565	1.014	3.667
Luglio	879	520	876	2.275
Agosto	767	475	906	2.148
Settembre	2.271	591	773	3.636

Ottobre	4.108	722	802	5.632
Novembre	4.316	750	1.002	6.068
Dicembre	3.905	836	1.270	6.011
Totale	35.064	8.150	12.211	55.425

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

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

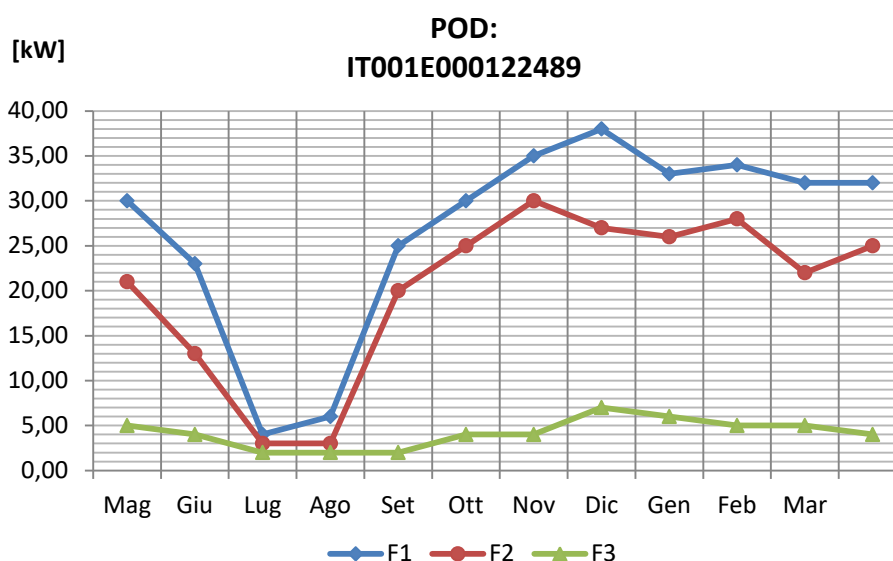


I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.5 e dettagliatamente nella tabella 4.11, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e le stampanti lasciati in standby o i consumi residui dell'ascensore;
- Presenza di punti luce interni che rimangono accesi;
- Presenza di punti luce esterni che vengono accesi anche nei periodi in cui l'edificio non è utilizzato;
- Utilizzo da parte di utenti terzi dell'edificio.

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

Figura 5.3 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00122489



Il prelievo di potenza massima è pari a 38,00 kW e si verifica nel mese di Dicembre 2017. 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.

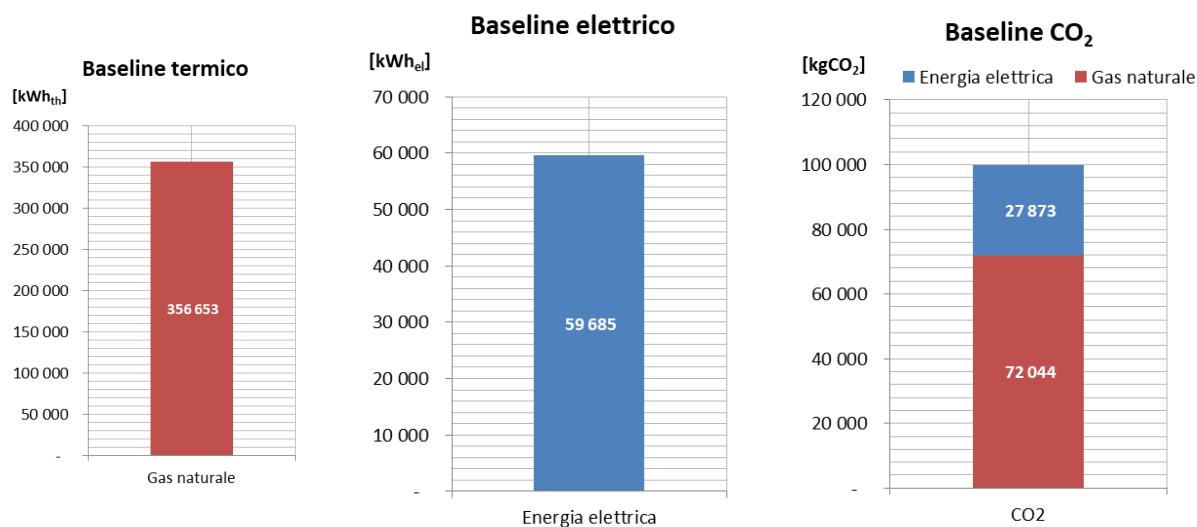
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202

* 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 e nella Figura 5.3

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Gas naturale	356 653	0,202	72,044
Energia elettrica	59 685	0,467	27,873

Figura 5.3 – 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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.005	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.181	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	16.177	m ³

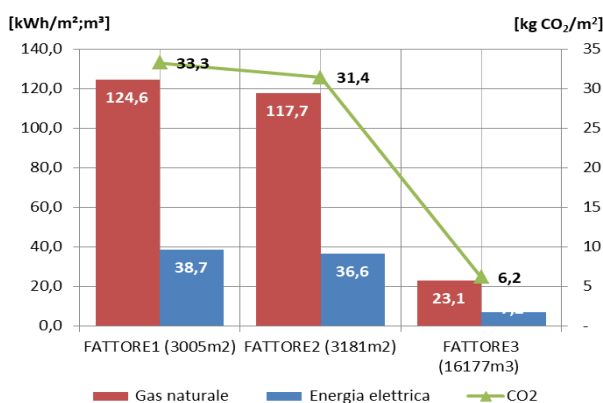
Nelle Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

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

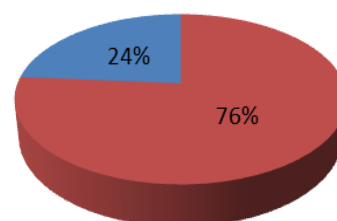
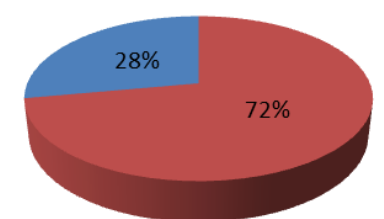
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	356 653	1,05	374 486	124,6	117,7	23,1	23,97	22,65	4,45
Energia elettrica	59 685	2,42	144 438	48,1	45,4	8,9	9,28	8,76	1,72
TOTALE			518 923	173	163	32	33	31	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	356 653	1,05	374 486	124,6	117,7	23,1	23,97	22,65	4,45
Energia elettrica	59 685	1,95	116 386	38,7	36,6	7,2	9,28	8,76	1,72
TOTALE			490 871	163	154	30	33	31	6

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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	25,52	11,76	11,66	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12,01	14,07	13,81

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

	Wh _t / m ³ x GG x anno		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Secondarie Sup.	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Tabella 5.18 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

	kWh _e / m ² x anno		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 11,0	da 11,0 a 16,5	maggiore di 16,5
Elementari, Medie, Secondarie Sup. tranne Ist.Tecn.Ind. e Ist.Prof.Ind.	minore di 9,0	da 9,0 a 12,0	maggiore di 12,0
Ist.Tecn. Ind., Ist. Prof. Ind.	minore di 12,5	da 12,5 a 15,5	maggiore di 15,5

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	235,689	228,702
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	206,564	204,962
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	13,747	11,349
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	2,519	2,030
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	10,143	8,173
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	2,717	2,189
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	53,506	50,986

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno; kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	60.667	600.057
Energia Elettrica	44.665 + 15.085	116.513

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 ($Q_{\text{gn,in}}$) 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	$E_{W, \text{aux, gn}}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{\text{ve,el}} + E_{\text{aux,e}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, \text{aux, d}} + E_{W, \text{aux, d}}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L,\text{int}}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{\text{altro}}^{(*)}$

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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{\text{gl,nren}}$	kWh/mq anno	159,967	153,094
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	132,008	130,520
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	12,581	10,183
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	2,519	2,030
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	10,143	8,173
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	2,717	2,189

Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	38,056	35,558
------------------------------	-------------------	------------	--------	--------

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno; kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	37.843	356.484
Energia Elettrica	43.936 + 15.085	59.021

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)

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Conguità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
356.434	356.653	0,06

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)

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Conguità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
59.020	59.685	1,1

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

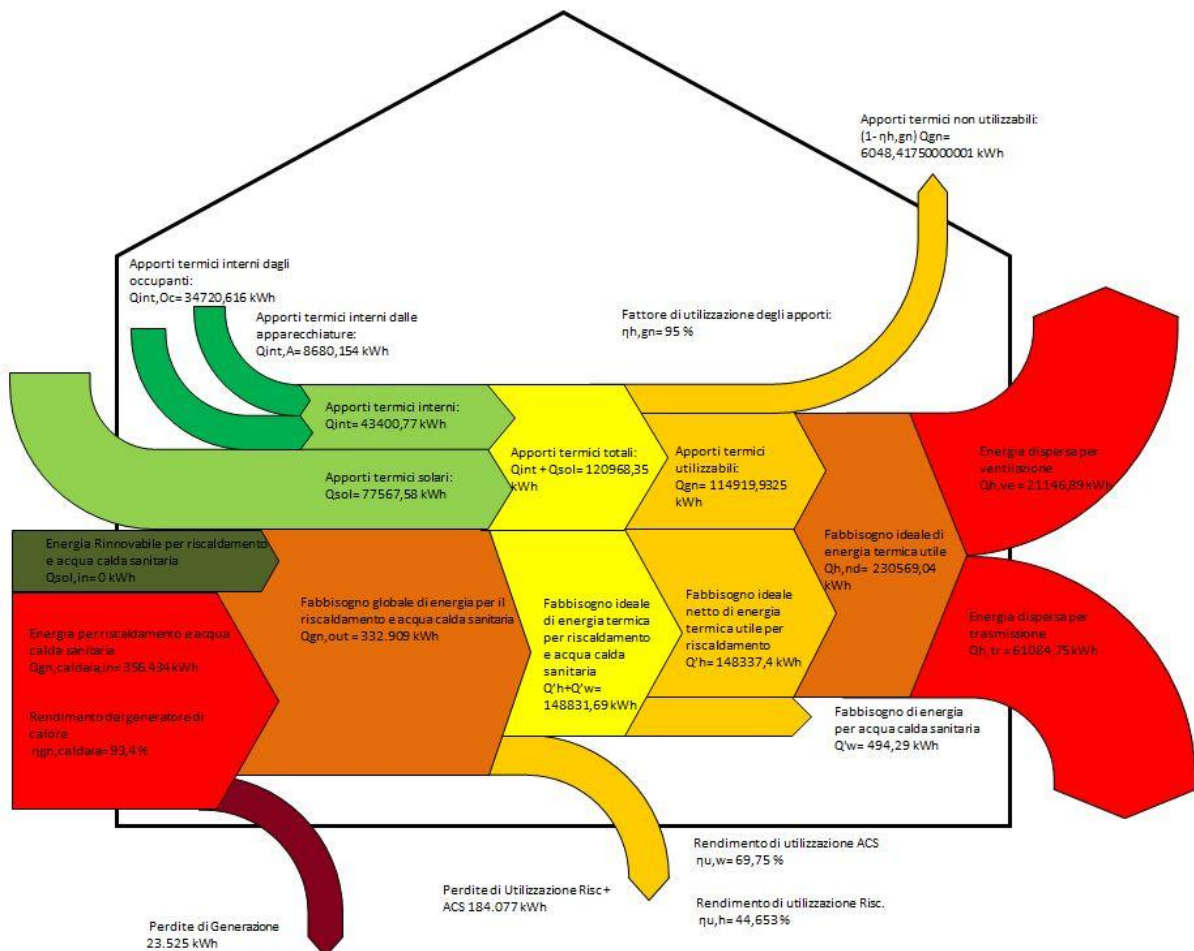
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

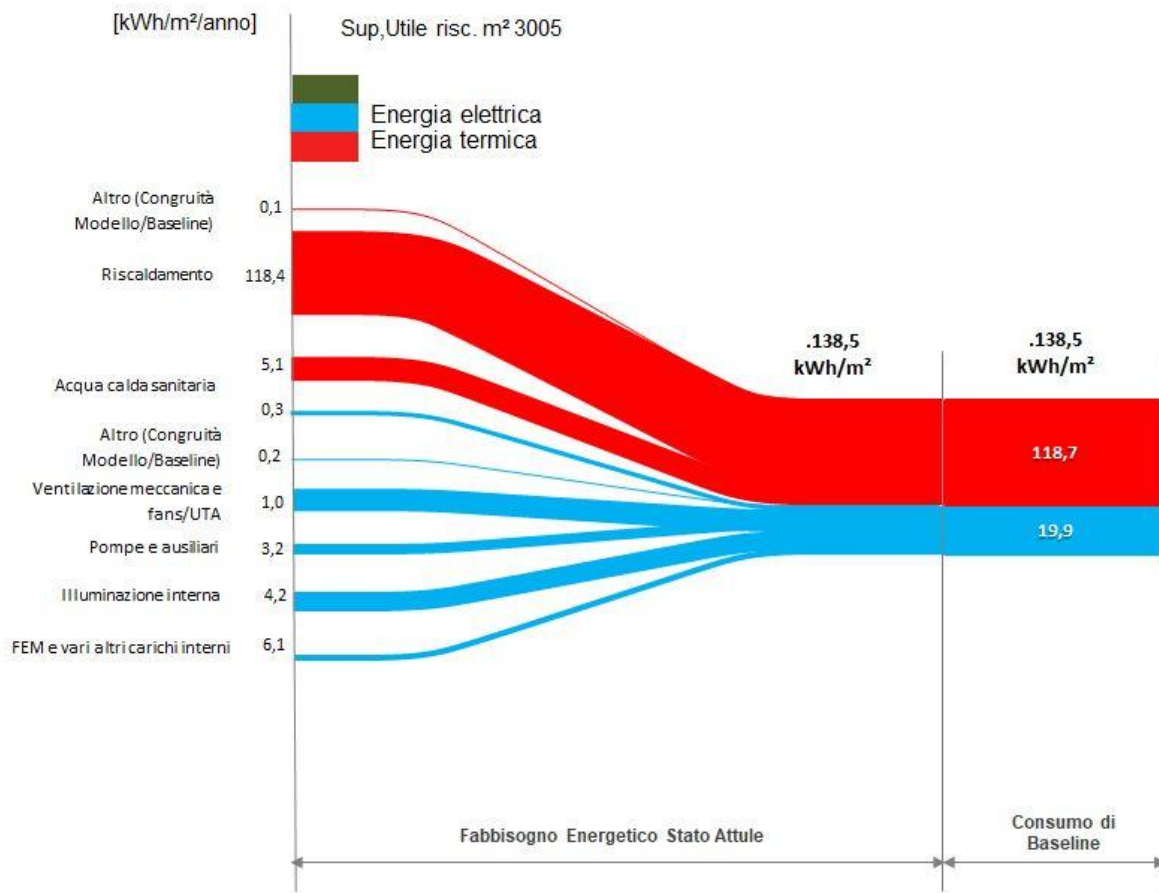
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le perdite di generazione sono notevoli.

E' 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 – Congruit ”   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 – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

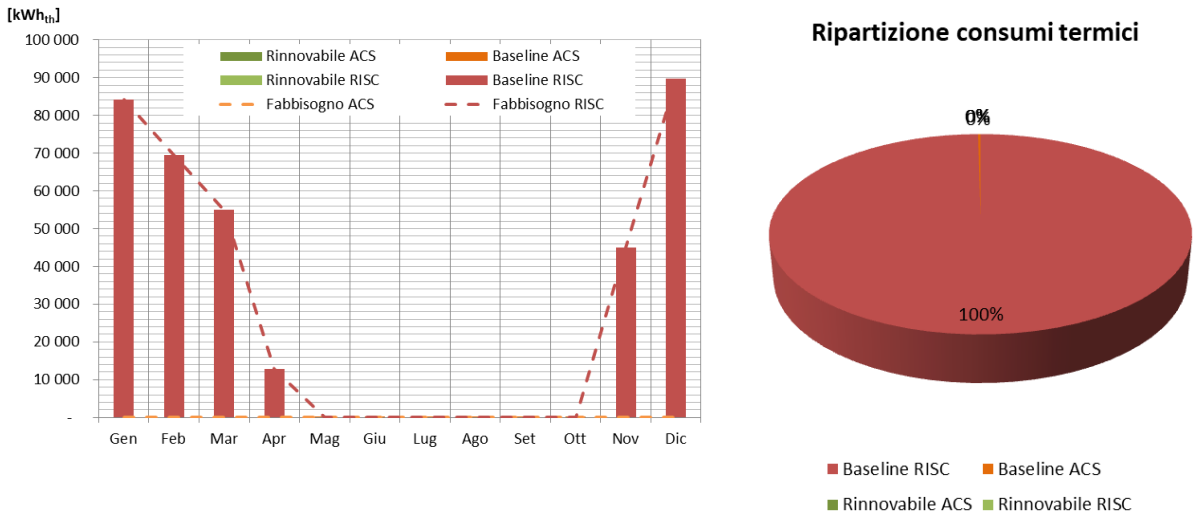
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio   possibile notare che il maggior quantitativo di energia   impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  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



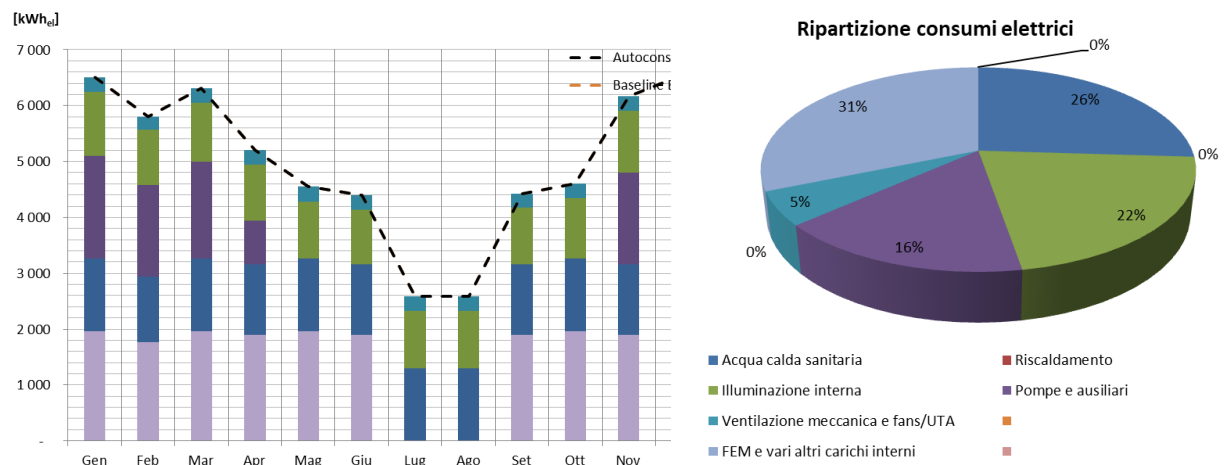
Si può notare come la totalità parte dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti impiantistici e dell’involucro deputati a tale scopo.

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 15.085 kWh, valore derivato dall’utilizzo delle apparecchiature elettriche presenti all’interno della scuola per i tempi stimati e definiti in tabella 4.13 (Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche).

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’utilizzo dei corpi illuminanti per l’illuminazione degli ambienti e la produzione di ACS con i boiler elettrici.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270049382112: 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 – 03270021632427: 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: 03270021632427	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA ISOCORTE 1/B 16164 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	N.D.	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)
Società di fornitura	N.D.	IREN MERCATO 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.	G016	G16	G16	G 16
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 fisso	Costo fisso
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	N.D.	1,0000	1,0000	1,0000	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	N.D.	38,19000000 MJ/Smc	38,190 MJ/MC	38,190 MJ/MC	39.262,000 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	0,04548 €/kWh	0,02909 €/kWh	0,02654 €/kWh	0,02654 €/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 rierimento

PDR: 03270021632427	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: 03270021632427	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	184	24	75	85	81	448	4.054	0,111
Febbraio	184	24	75	85	81	448	4.054	0,111
Marzo	184	24	75	85	81	448	4.054	0,111
Aprile	94	24	38	70	50	276	3.118	0,088
Maggio	43	24	18	33	26	144	1.460	0,099
Giugno	42	24	17	32	25	140	1.413	0,099
Luglio	44	24	18	33	26	145	1.470	0,098
Agosto	43	24	18	33	26	144	1.460	0,099
Settembre	44	24	19	35	27	148	1.535	0,097
Ottobre	133	24	57	104	70	387	4.616	0,084
Novembre	129	24	55	101	68	376	4.475	0,084
Dicembre	92	24	40	74	51	281	3.288	0,085
Totale	1.217	286	504	768	611	3.386	34.995	0,097
PDR: 03270021632427	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	107	24	61	75	59	326	4.041	0,081
Febbraio	100	24	57	70	55	305	3.749	0,081
Marzo	123	24	70	86	66	368	4.616	0,080
Aprile	106	24	60	74	58	321	3.975	0,081
Maggio	107	24	61	75	58	324	4.013	0,081
Giugno	44	24	25	31	27	150	1.649	0,091
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-

E1291 – Scuola Elementare Gallino e scuola materna statale Fantasia

Settembre	32	24	18	22	21	118	1.206	0,098
Ottobre	36	24	21	25	23	130	1.366	0,095
Novembre	197	24	112	138	103	573	7.404	0,077
Dicembre	88	24	50	62	49	274	3.325	0,082
Totale	938	239	535	657	521	2.890	35.344	0,082

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

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

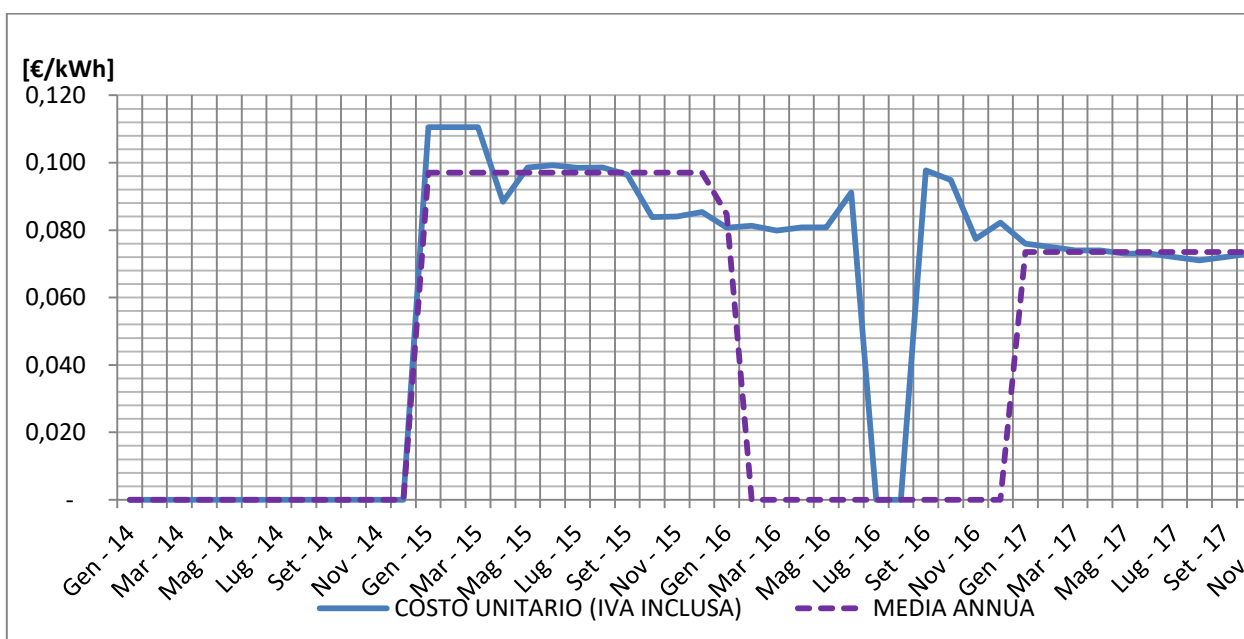
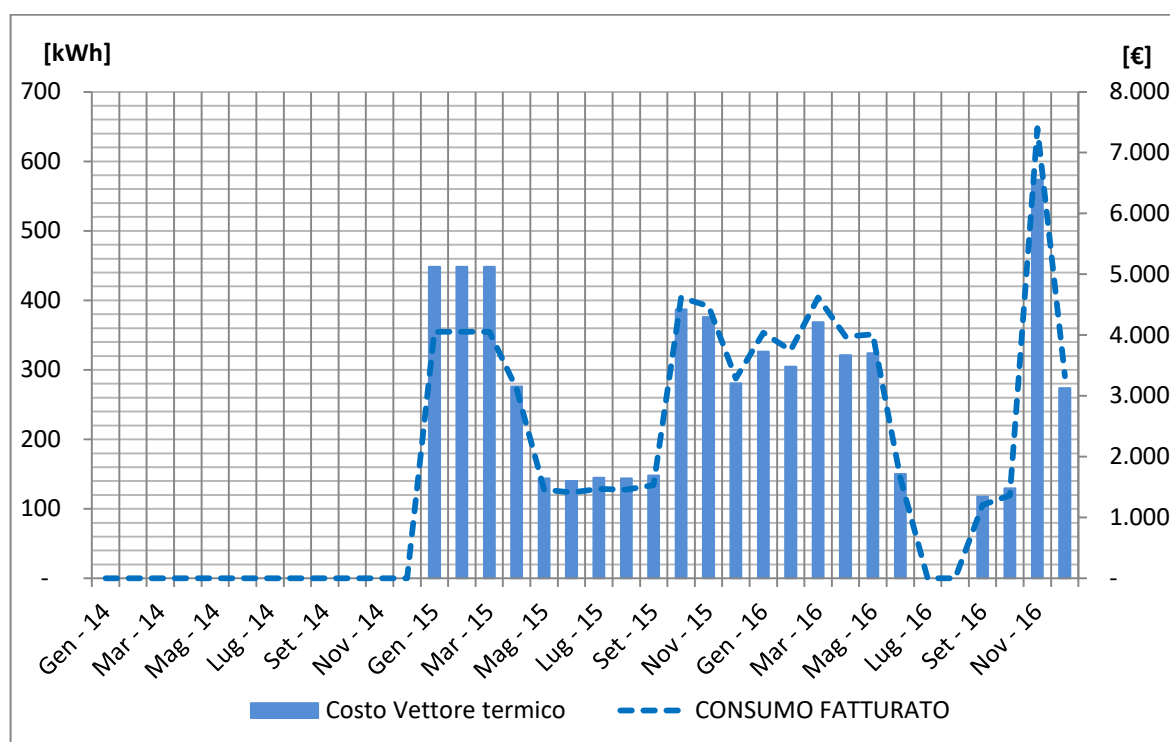


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00122489: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00122489	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA ISOCORTE 1 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	45,00 kW	45,00 kW	45,00 kW	45,00 kW	45,00 kW
Potenza elettrica disponibile	45,00 kW	45,00 kW	45,00 kW	45,00 kW	35,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA6	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07446 €/kWh	0,07281 €/kWh	0,03645 €/kWh	0,03121 €/kWh	0,04828 €/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: IT001E00122 489	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	300	42	369	50	168	930	3.983	0,233
Feb – 14	271	42	338	45	153	849	3.597	0,236
Mar – 14	467	74	545	79	256	1.421	6.310	0,225
Apr – 14	156	30	238	27	99	551	2.191	0,251
Mag – 14	287	59	360	48	166	920	3.807	0,242
Giu – 14	212	45	284	36	127	703	2.867	0,245
Lug – 14	109	16	161	19	67	373	1.536	0,243
Ago – 14	100	21	140	18	61	340	1.427	0,238
Set – 14	217	42	290	36	129	715	2.911	0,246
Ott – 14	361	63	449	59	205	1.138	4.746	0,240
Nov – 14	379	67	468	63	215	1.191	5.012	0,238
Dic – 14	487	87	595	82	125	1.377	6.563	0,210
Totale	3.347	589	4.238	562	1.772	10.506	44.950	0,234
POD: IT001E00122 489	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	487	78	573	82	122	1.342	6.563	0,204
Feb – 15	427	71	525	74	110	1.207	5.942	0,203
Mar – 15	438	72	535	76	112	1.233	6.058	0,203
Apr – 15	207	55	428	61	75	827	4.904	0,169
Mag – 15	205	58	441	64	77	844	5.109	0,165
Giu – 15	172	47	364	53	64	699	4.213	0,166
Lug – 15	105	27	253	34	42	462	2.714	0,170
Ago – 15	95	24	245	31	40	435	2.477	0,176
Set – 15	142	42	332	46	56	618	3.675	0,168
Ott – 15	175	56	518	71	82	902	5.647	0,160
Nov – 15	206	73	582	80	94	1.036	6.430	0,161
Dic – 15	182	64	522	71	84	924	5.700	0,162
Totale	2.841	668	5.319	743	957	10.528	59.432	0,177
POD: IT001E00122 489	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					

ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	182	62	512	75	83	915	6.036	0,152
Feb - 16	171	65	619	79	93	1.027	6.298	0,163
Mar - 16	211	59	507	72	85	933	5.740	0,163
Apr - 16	175	88	459	67	79	867	5.365	0,162
Mag - 16	217	98	532	76	92	1.015	6.058	0,168
Giu - 16	149	64	367	49	63	692	3.920	0,177
Lug - 16	112	56	263	32	46	510	2.576	0,198
Ago - 16	95	55	261	32	44	487	2.540	0,192
Set - 16	196	91	398	54	74	813	4.322	0,188
Ott - 16	375	100	571	81	113	1.241	6.504	0,191
Nov - 16	441	108	591	85	122	1.347	6.762	0,199
Dic - 16	355	91	514	72	103	1.135	5.771	0,197
Totale	2.679	937	5.593	774	998	10.982	61.892	0,177

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

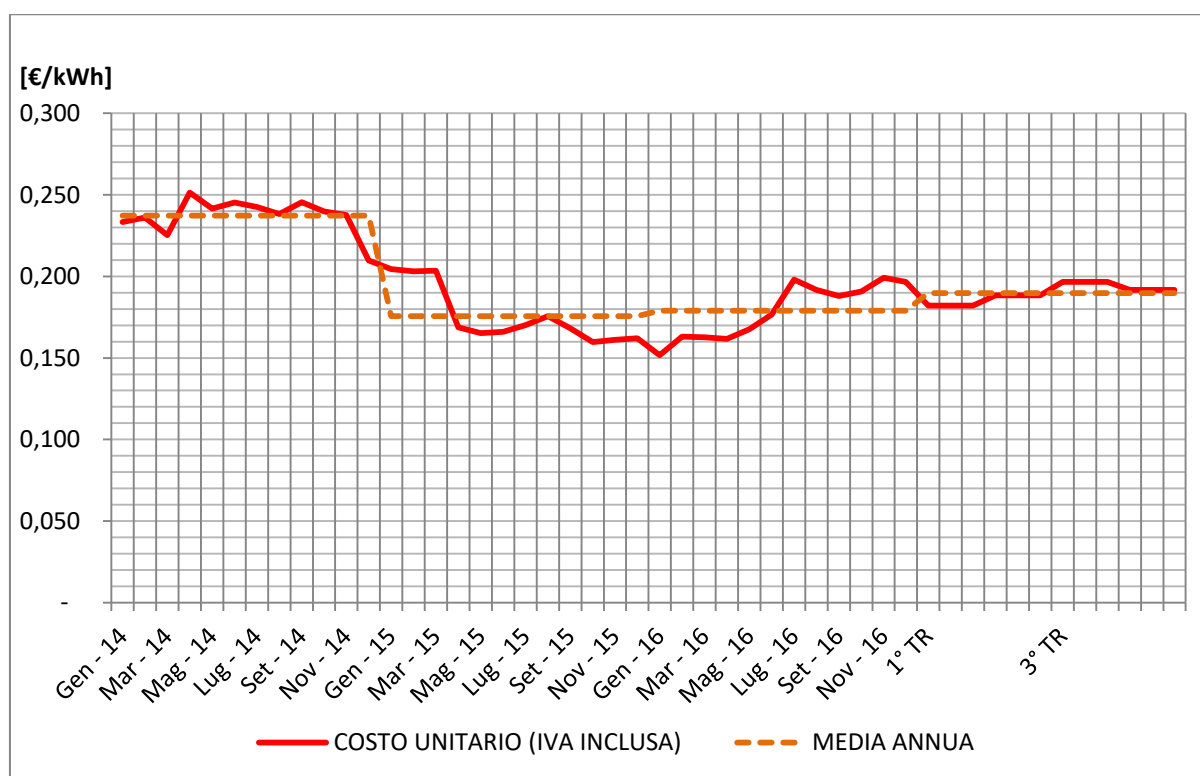
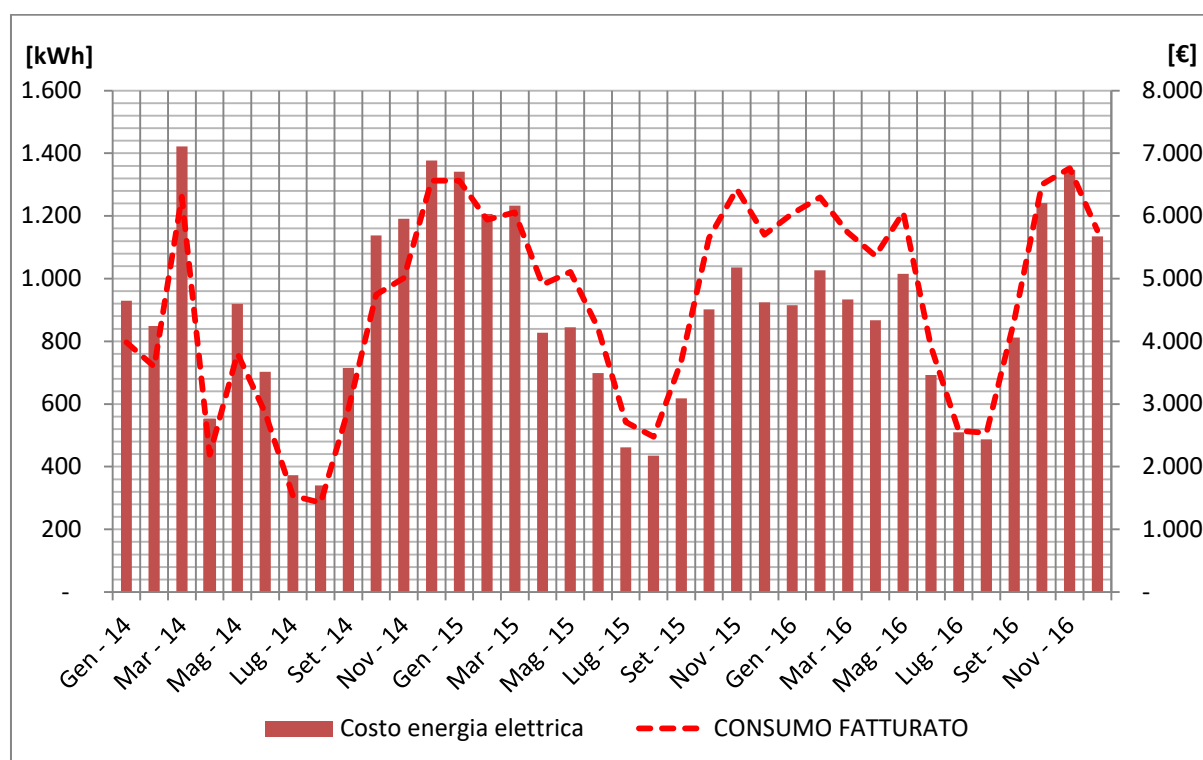


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



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.	44.950	10.506	0,234	n.d.
2015	34.995	3.386	0,097	59.432	10.528	0,177	13.914
2016	35.344	2.890	0,082	61.892	10.982	0,177	13.872
2017	n.d.	n.d.	0,074	n.d.	n.d.	0,189	n.d.
Media	35.169	3.138	0,0843	55.425	10.672	0,194	13.893

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}	0,074 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{uEE}	0,223 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L042-042-113: 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 44.288,72€.

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

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

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

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

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

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

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 14.130	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 3.756	[€/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:

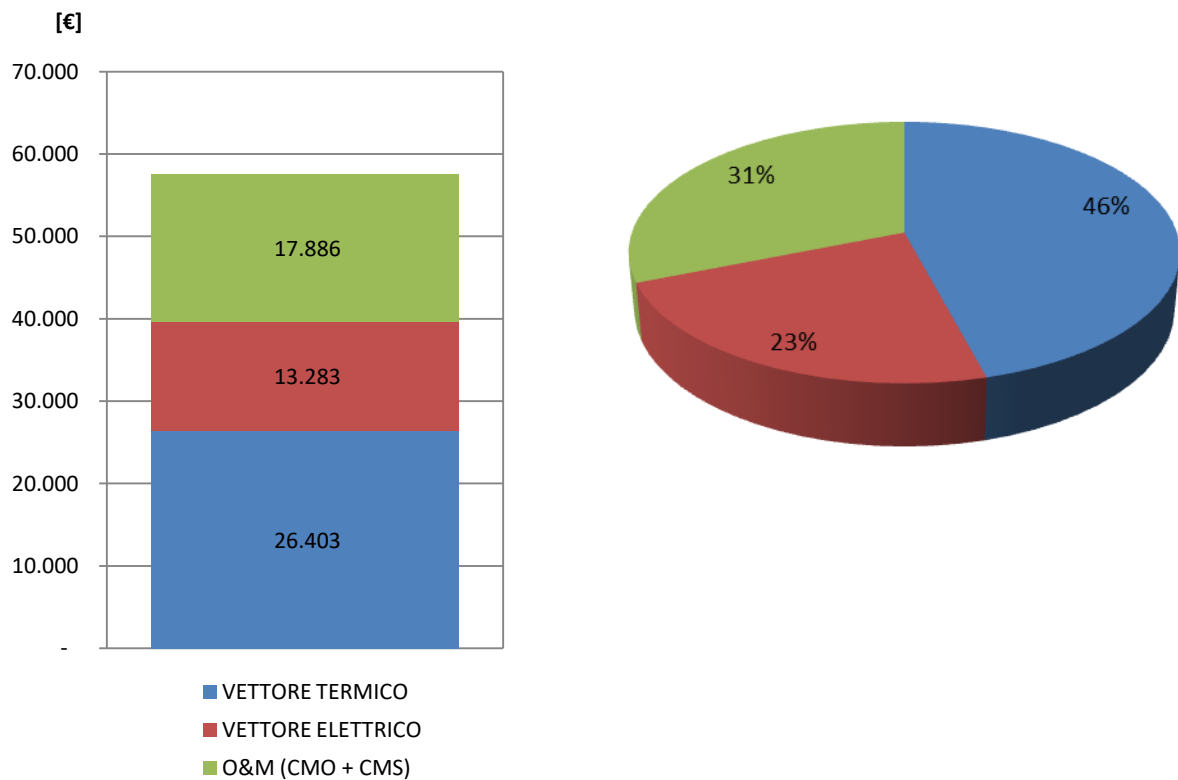
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 39.686 e un $C_{baseline}$ pari a € 57.572

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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
356 653	0,074	26 403	59 685	0,223	13 283	17 886	14 130	3 756	57 572

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Cappotto esterno

Generalità

La misura prevede l'inserimento di un materiale isolante incollato e/o fissato meccanicamente attraverso tasselli o profili alla parete. Il sistema è completato con un intonaco di finitura ed, eventualmente, con l'applicazione di rivestimenti speciali.

Il sistema di isolamento a cappotto viene utilizzato come rivestimento dall'esterno di facciate nuove o in ristrutturazione allo scopo di ottimizzare la prestazione termica dell'edificio, migliorare di conseguenza le condizioni di comfort abitativo, ridurre i consumi energetici.

L'inserimento di un cappotto esterno in lana di vetro consente, oltre che di ridurre le dispersioni termiche dell'involucro opaco di migliorare le condizioni di comfort termico.

L'intervento può generare una riduzione del fabbisogno termico complessivo compreso fra il 10 ed il 20%.

Figura 8.1 – Particolare della facciata.



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'inserimento di un cappotto esterno richiede la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di conservazione della muratura esistente, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre la trasmittanza della parete esistente in modo significativo (70-80%).

Lo spessore e le caratteristiche fisiche del pannello isolante devono essere scelti in relazione alla funzione dell'edificio, alla compatibilità estetica con la facciata, con l'intorno costruito ed in accordo alla normativa vigente in materia.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Cappotto esterno

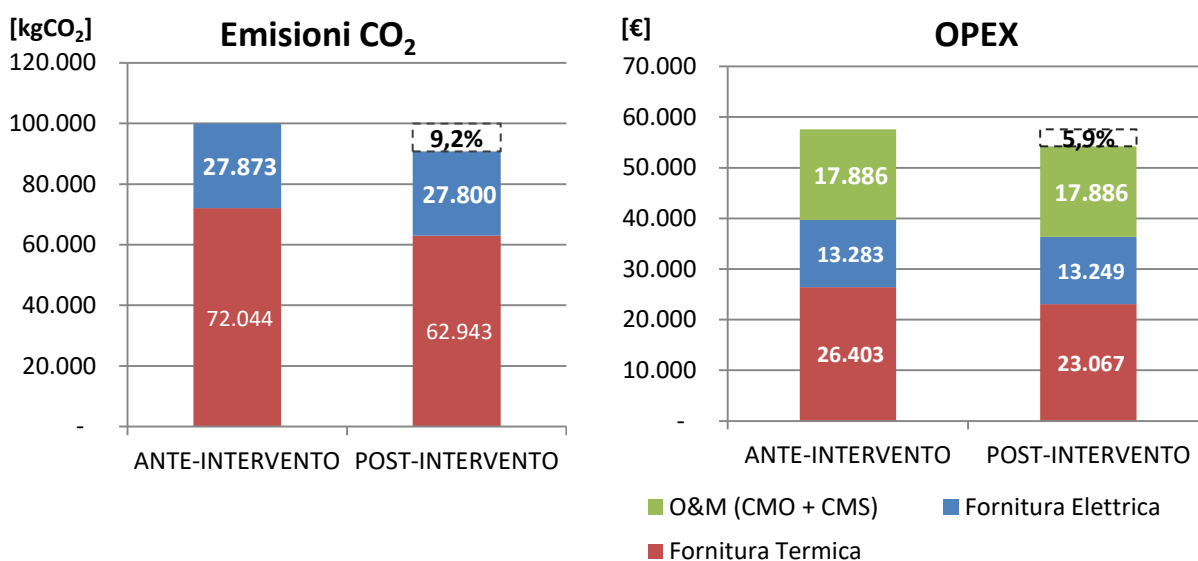
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,221	0,252	79,4%
Q _{teorico}	[kWh]	356 434	311 406	12,6%
EE _{teorico}	[kWh]	59 020	58 866	0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	356 653	311 598	12,6%

EE _{Baseline}	[kWh]	59 685	59 529	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72 044	62 943	12,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 873	27 800	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99 917	90 743	9,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26 403	23 067	12,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13 283	13 249	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	39 686	36 316	8,5%
C _{MO}	[€]	14 130	14 130	0,0%
C _{MS}	[€]	3 756	3 756	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17 886	17 886	0,0%
OPEX	[€]	57 572	54 202	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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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



EEM2: 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 8.3 – 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 EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento solaio di copertura

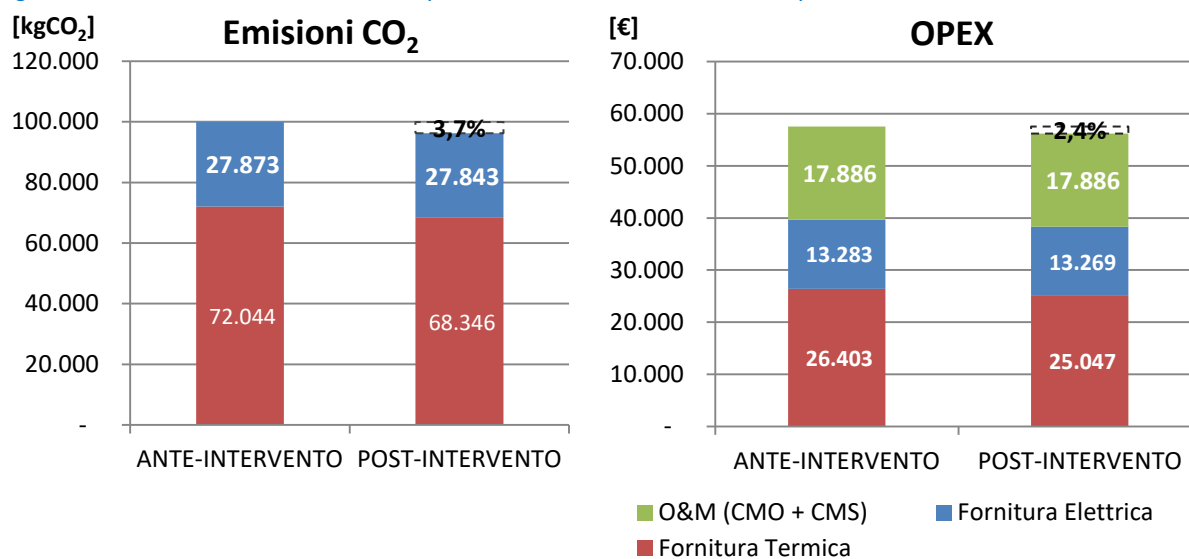
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,7	2	64,9%
Q _{teorico}	[kWh]	356 434	338 136	5,1%
EE _{teorico}	[kWh]	59 020	58 958	0,1%

$Q_{baseline}$	[kWh]	356 653	338 345	5,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	59 685	59 622	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72 044	68 346	5,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 873	27 843	0,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99 917	96 189	3,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	26 403	25 047	5,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13 283	13 269	0,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	39 686	38 317	3,5%
C_{MO}	[€]	14 130	14 130	0,0%
C_{MS}	[€]	3 756	3 756	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	17 886	17 886	0,0%
OPEX	[€]	57 572	56 203	2,4%
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 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Caldaia a condensazione

Generalità

La misura prevede l'installazione in serie di quattro caldaie modulari 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 gruppo di generazione modulare a gas, e soprattutto funzionanti con il principio della condensazione, consente di ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento grazie al principio della condensazione, associato alla modulazione di tali nuovi generatori.

Figura 8.5 – Particolare della centrale termica



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 (50-70%).

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).

Inoltre saranno eseguiti tutti i lavori accessori per rendere il nuovo impianto del tutto conforme, ed in sicurezza, alla attuale normativa vigente in materia.

L'installazione del nuovo gruppo termico modulare necessita di una valutazione sullo stato di conservazione del condotto fumario esistente nel tratto verticale incassato nella muratura dell'edificio e non attualmente rilevabile. Qualora tale ispezione dovesse avere un esito negativo il condotto di evacuazione dovrà essere sostituito da uno idoneo e conforme.

Prestazioni raggiungibili

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

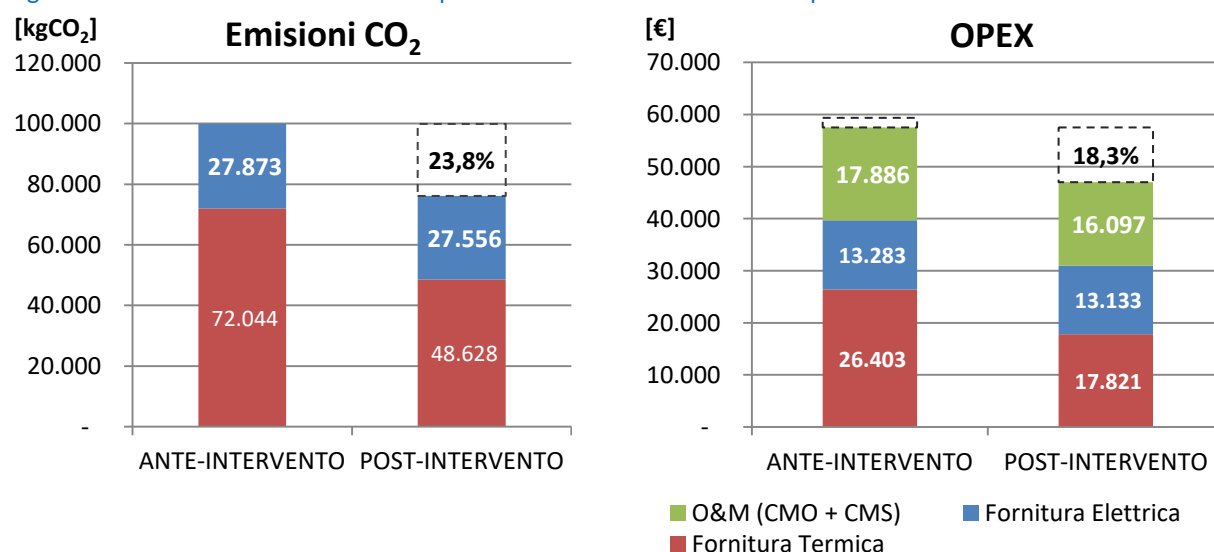
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento	[-]	93,4	107	14,6%
Q _{teorico}	[kWh]	356 434	240 585	32,5%
EE _{teorico}	[kWh]	59 020	58 350	1,1%
Q _{baseline}	[kWh]	356 653	240 733	32,5%
EE _{baseline}	[kWh]	59 685	59 007	1,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72 044	48 628	32,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 873	27 556	1,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99 917	76 185	23,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26 403	17 821	32,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13 283	13 133	1,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	39 686	30 954	22,0%
C _{MO}	[€]	14 130	12 717	10,0%
C _{MS}	[€]	3 756	3 380	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17 886	16 097	10,0%
OPEX	[€]	57 572	47 051	18,3%
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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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

EEM4: 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.

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.

Figura 8.7 – Particolare terminali di emissione



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Detentore. Attacchi a squadra, per tubo rame, plastica semplice e multistrato. Attacchi tubazione 23 p.1,5 e 3/4" M. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°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 EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8

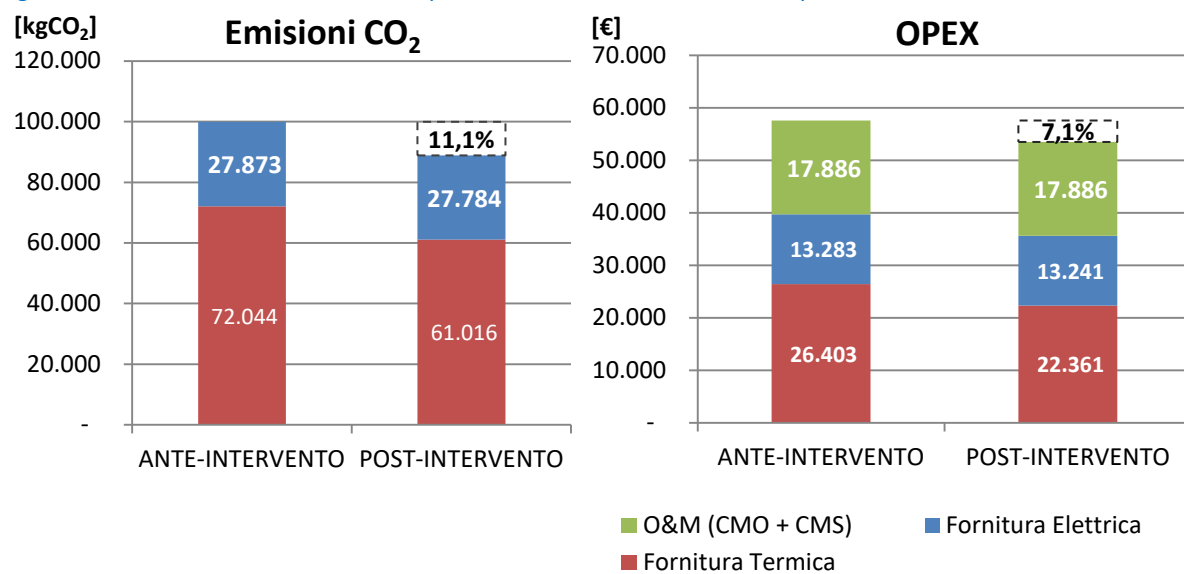
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 - Rendimento	[-]	78	99	26,9%
Q_{teorico}	[kWh]	356 434	301 871	15,3%
EE_{teorico}	[kWh]	59 020	58 833	0,3%
Q_{baseline}	[kWh]	356 653	302 057	15,3%
EE_{Baseline}	[kWh]	59 685	59 496	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72 044	61 016	15,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 873	27 784	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99 917	88 800	11,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26 403	22 361	15,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13 283	13 241	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	39 686	35 602	10,3%
C _{MO}	[€]	14 130	14 130	0,0%
C _{MS}	[€]	3 756	3 756	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17 886	17 886	0,0%
OPEX	[€]	57 572	53 488	7,1%
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 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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



EEM5: Pompe a portata variabile

Generalità

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

Figura 8.9 – Particolare pompe di circolazione



La portata, la prevalenza ed il 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.

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 8.5 e nella Figura 8.10.

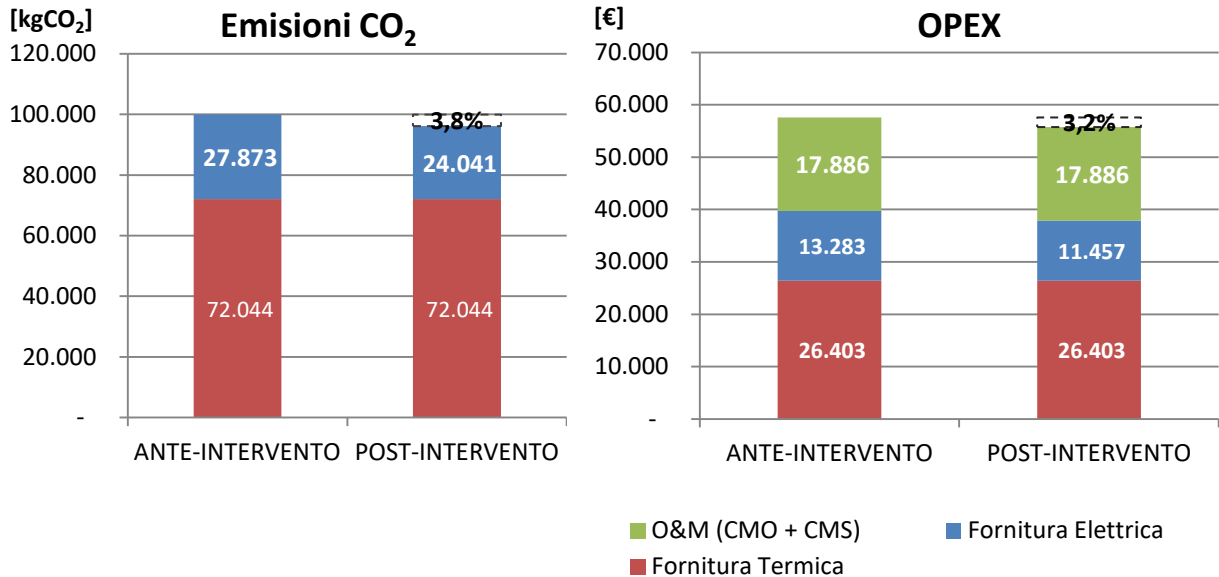
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione pompa inverter

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 - Potenza assorbita	[W]	2080	350	83,2%
Q _{teorico}	[kWh]	356 434	356 434	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	59 020	50 907	13,7%
Q _{baseline}	[kWh]	356 653	356 653	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	59 685	51 480	13,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72 044	72 044	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 873	24 041	13,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99 917	96 085	3,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26 403	26 403	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13 283	11 457	13,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	39 686	37 860	4,6%
C _{MO}	[€]	14 130	14 130	0,0%
C _{MS}	[€]	3 756	3 756	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17 886	17 886	0,0%
OPEX	[€]	57 572	55 746	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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

Figura 8.10 – EEM5: 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: Cappotto esterno

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

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

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – CAPPOTTO ESTERNO

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Pannello in lana di vetro	Liguria 2017	3500	€/mq	14,337	50 179,50 €	11 039,49 €	61 218,99 €
Posa di pannello isolante	Liguria 2017	3500	€/mq	4,221	14 773,50 €	3 250,17 €	18 023,67 €
Tonachino esterno	Liguria 2017	3500	€/mq	21,132	73 962,00 €	16 271,64 €	90 233,64 €
Costi per la sicurezza				3%	4 167,45 €	916,84 €	5 084,29 €
Costi per la progettazione				7%	9 724,05 €	2 139,29 €	11 863,34 €
TOTALE (I₀)					152 806,50 €	33 617,43 €	186 423,93 €
Incentivi	Conto termico						74 570 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							14 914 €

EEM2: Isolamento copertura

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'isolamento dell'estradosso del solaio di copertura.

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – ISOLAMENTO COPERTURA

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Pannello in lana di vetro da 8 cm	Liguria 2017	500	€/mq	11,943	5 971,50 €	1 313,73 €	7 285,23 €
Posa di pannello isolante 1	Liguria 2017	500	€/mq	4,221	2 110,50 €	464,31 €	2 574,81 €
Pannello in lana di vetro da 6 cm	Liguria 2017	500	€/mq	9,747	4 873,50 €	1 072,17 €	5 945,67 €
Posa di pannello isolante 2	Liguria 2017	500	€/mq	4,221	2 110,50 €	464,31 €	2 574,81 €
Guaina bituminosa	Milano	500	€/mq	22,18	11 090,00 €	2 439,80 €	13 529,80 €
Posa di guaina bituminosa	Liguria 2017	500	€/mq	10,467	5 233,50 €	1 151,37 €	6 384,87 €
Costi per la sicurezza				3%	941,69 €	207,17 €	1 148,86 €
Costi per la progettazione				7%	2 197,27 €	483,40 €	2 680,66 €
TOTALE (I₀)					34 528,45 €	7 596,26 €	42 124,71 €
Incentivi	[Conto termico]						16 850 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							3 370 €

EEM3: Generatore di calore a condensazione

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di un gruppo termico costituito da quattro generatori a condensazione in serie.

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 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – GENERATORE A CONDENSAZIONE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione di caldaia esistente	CCIAA RE	1	cad	3697,5	3 697,50 €	813,45 €	4 510,95 €
Fornitura di caldaia a condensazione	Liguria 2017	4	cad	8027,325	32 109,30 €	7 064,05 €	39 173,35 €
Posa in opera di caldaia murale	Liguria 2017	4	cad	299,196	1 196,78 €	263,29 €	1 460,08 €
Costi per la sicurezza				3%	1 110,11 €	244,22 €	1 354,33 €
Costi per la progettazione				7%	2 590,25 €	569,86 €	3 160,11 €
TOTALE (I₀)					40 703,94 €	8 954,87 €	49 658,81 €
Incentivi	Conto termico						19 864,68 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							3 973,74 €

EEM4: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti dell'edificio ad eccezione di quelli della palestra e degli spogliatoio.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – 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				3%	139,62 €	30,72 €	170,34 €
Costi per la progettazione				7%	325,79 €	71,67 €	397,46 €
TOTALE (I₀)					5 119,54 €	1 126,30 €	6 245,84 €

EEM5: Installazione di circolatore gemellare con inverter

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nell'installazione di un circolatore elettronico gemellare a giri variabili.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – POMPA INVERTER

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa in opera di nuovo circolatore	Liguria 2017	1	cad	45,054	45,05 €	9,91 €	54,97 €
Fornitura di circolatore inverter DN65 gemellare	Liguria 2017	1	cad	3142,26	3 142,26 €	691,30 €	3 833,56 €
Costi per la sicurezza				3%	95,62 €	21,04 €	116,66 €
Costi per la progettazione				7%	223,11 €	49,08 €	272,20 €
TOTALE (I₀)					3 506,05 €	771,33 €	4 277,38 €

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Cappotto esterno

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– CAPPOTTO ESTERNO

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	186 424
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	14 914
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	44,3	25,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	67,2	37,9
Valore attuale netto	VAN	- 106 315	- 39 921
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,8%	0,7%
Indice di profitto	IP	-0,57	-0,21

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

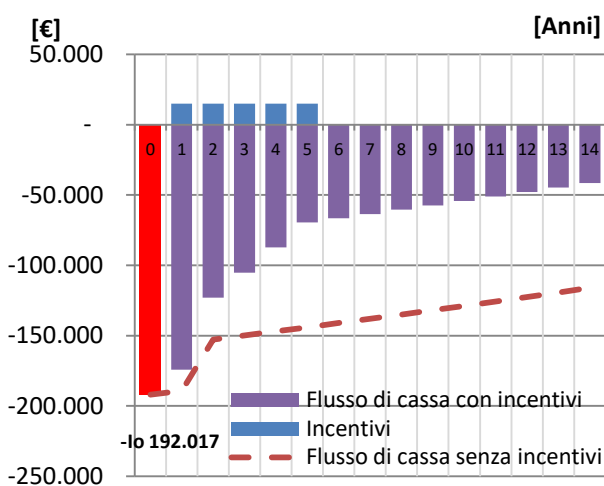
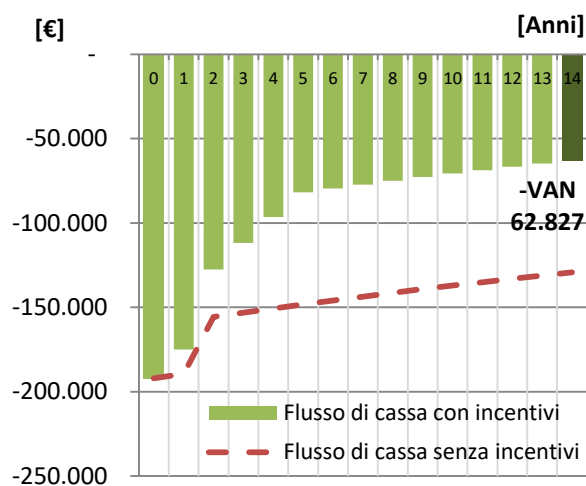


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta economicamente conveniente se realizzato da solo.

EEM2: Isolamento solaio di copertura

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– ISOLAMENTO COPERTURA

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 42 125
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno 3 370
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs	26,9 / 15,7
Tempo di rientro attualizzato	TRa	44,6 / 27,8
Valore attuale netto	VAN	- 14 171 / 831
Tasso interno di rendimento	TIR	0,6% / 4,3%
Indice di profitto	IP	-0,34 / 0,02

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

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

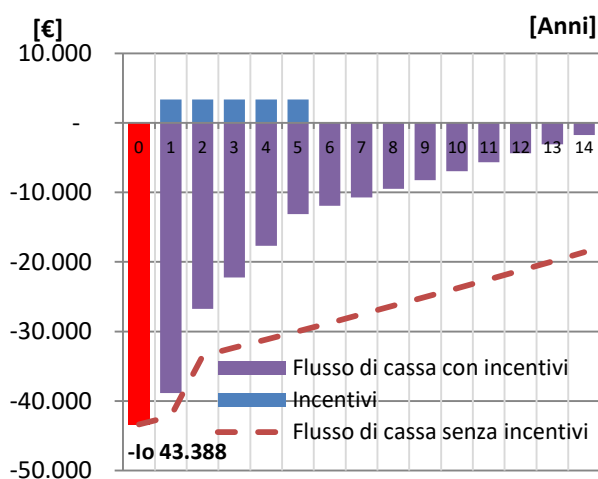
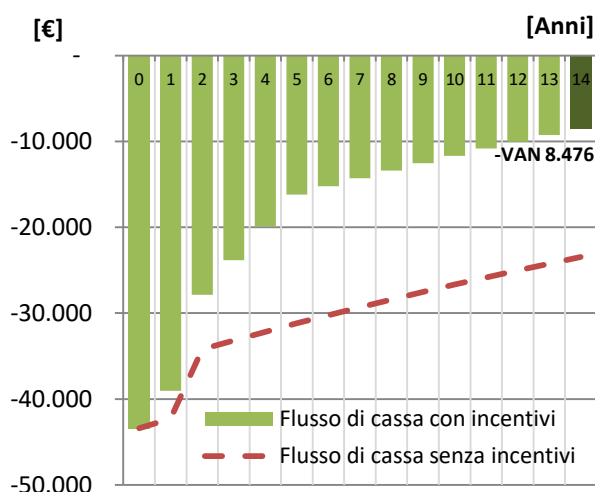


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta economicamente conveniente se realizzato da solo.

EEM3: Generatore a condensazione

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– GENERATORE A CONDENSAZIONE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 49 659
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 3 973
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 4,8	3,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA 5,6	3,7
Valore attuale netto	VAN 55 333	73 019
Tasso interno di rendimento	TIR 18,4%	24,9%
Indice di profitto	IP 1,11	1,47

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

Figura 9.5 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

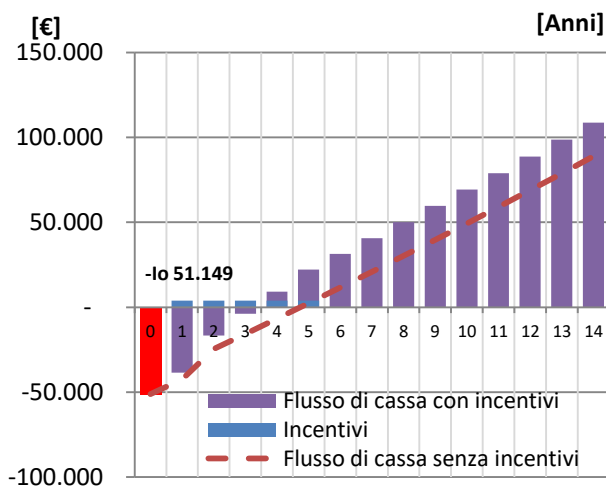
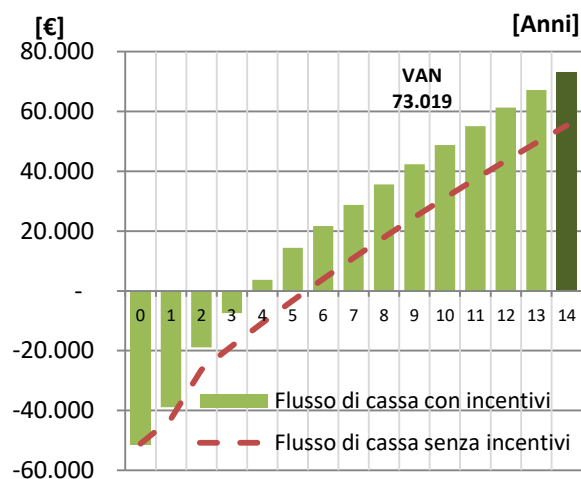


Figura 9.6 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente con e senza gli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM4: VALVOLE TERMOSTATICHE

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– 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 500
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	1,6 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,7 -
Valore attuale netto	VAN	33 038 -
Tasso interno di rendimento	TIR	57,7% -
Indice di profitto	IP	5,29 -

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

Figura 9.7 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

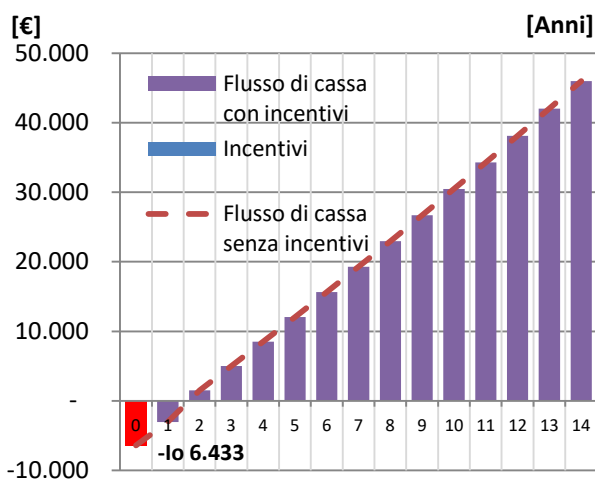
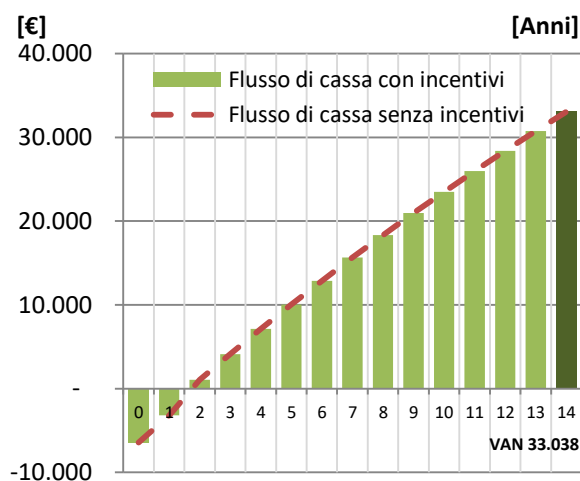


Figura 9.8 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM5: POMPA INVERTER

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 – POMPA INVERTER

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 4 277
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,5 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,7 -
Valore attuale netto	VAN	13 491 -
Tasso interno di rendimento	TIR	38,6% -
Indice di profitto	IP	3,15 -

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

Figura 9.9 –EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

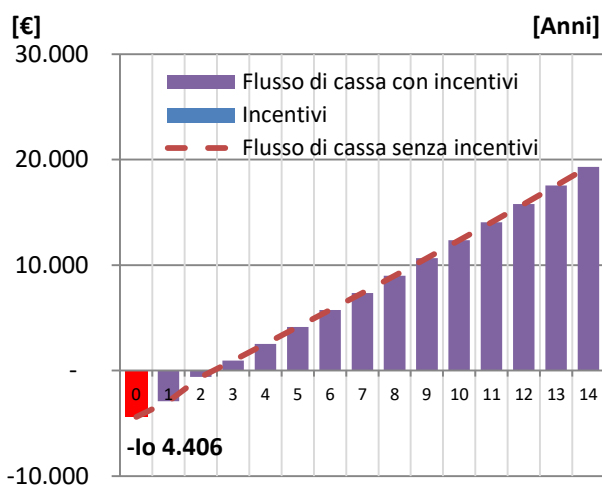
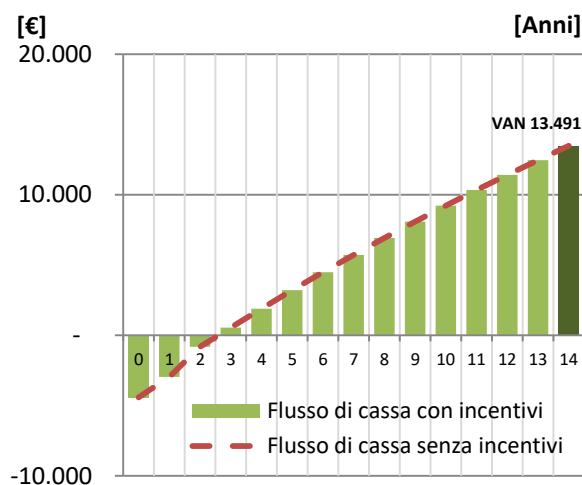


Figura 9.10 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.11 Tabella 9. e Tabella 9.12.

Tabella 9.11 – 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	3.370	-	-	186.424	44,3	67,2	30	-106.315	-2,8	-0,57
EEM 2	3,7	3,7	1.369	-	-	42.125	26,9	44,6	30	-14.171	0,6	-0,34
EEM 3	23,8	23,8	8.732	1.413	376	49.659	4,8	5,6	15	55.333	18,4	1,11
EEM 4	11,1	11,1	4.084	-	-	6.246	1,6	1,7	15	33.038	57,7	5,29
EEM 5	3,8	3,8	1.826	-	-	4.277	2,5	2,7	15	13.491	38,6	3,15

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 alcuni interventi, quelli sull'involucro, non risultano economicamente convenienti se presi singolarmente.

Tabella 9.12 – 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	3.370	-	-	186.424	25,9	37,9	30	-39.921	0,7	-0,21
EEM 2	3,7	3,7	1.369	-	-	42.125	15,7	27,8	30	831	4,3	0,02
EEM 3	23,8	23,8	8.732	1.413	376	49.659	3,4	3,7	15	73.019	24,9	1,47
EEM 4	11,1	11,1	4.084	-	-	6.246	1,6	1,7	15	33.038	57,7	5,29
EEM 5	3,8	3,8	1.826	-	-	4.277	2,5	2,7	15	13.491	38,6	3,15

Dall'analisi dei risultati emerge che gli unici interventi che presentano una differenza rilevante dovuta alla presenza dell'incentivo sono l'EEM2 e l'EEM3.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- 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 TERMICO:** Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore con uno modulare a condensazione (EEM3), l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM4) e la sostituzione dell'attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili (EEM5).
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione del cappotto esterno (EEM2), nell'isolamento e impermeabilizzazione del solaio di copertura (EEM2), con la sostituzione del generatore di calore (EEM3) e l'installazione di valvole termostatiche dove non attualmente presenti (EEM4).

9.3.1 Scenario 1: IMPIANTO TERMICO

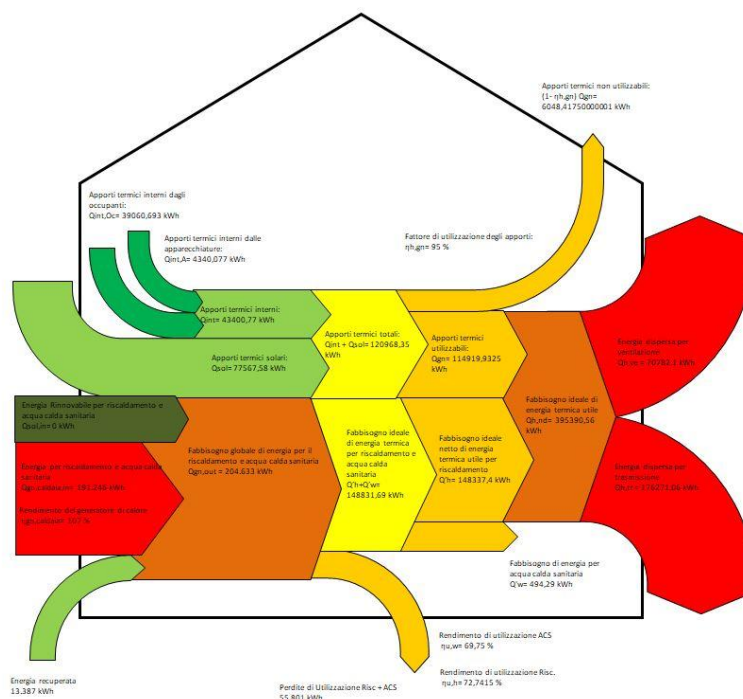
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 Fornitura & Posa	37 003,58 €	8 140,79 €	45 144,37 €
EEM4 Fornitura & Posa	4 654,13 €	1 023,91 €	5 678,03 €
EEM5 Fornitura & Posa	3 187,31 €	701,21 €	3 888,52 €
Costi per la sicurezza	1 345,35 €	295,98 €	1 641,33 €
Costi per la progettazione	3 139,15 €	690,61 €	3 829,76 €
TOTALE (I₀)	49 329,53 €	10 852,50 €	60 182,02 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 O&M	12 716,93 €	3 380,45 €	16 097,38 €
EEM4 O&M	14 129,93 €	3 756,06 €	17 885,98 €
EEM5 O&M	14 129,93 €	3 756,06 €	17 885,98 €
TOTALE (C_M)	12 716,93 €	3 380,45 €	16 097,38 €
EEM3 O&M	12 716,93 €	3 380,45 €	16 097,38 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	24 072,81 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		4 814,56 €	

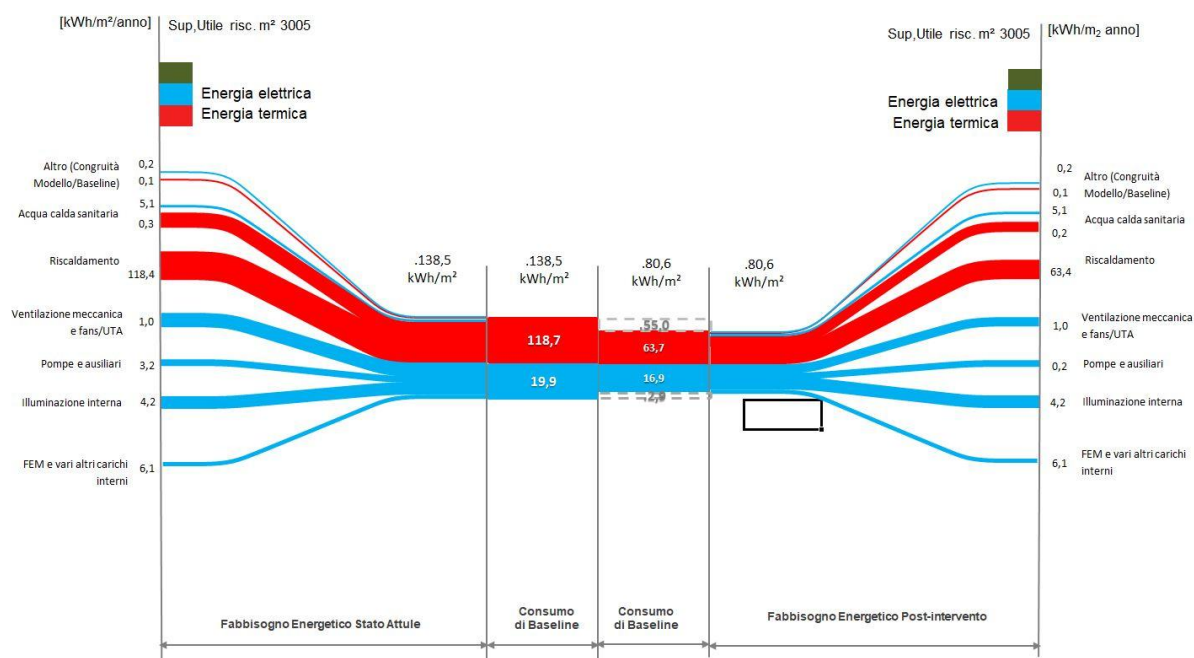
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.11 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

Figura 9.12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 - Rendimento	[-]	93,4	107	-14,6%
EEM4 - Rendimento	[-]	78	99	-26,9%
EEM5 - Potenza assorbita	[W]	2080	350	83,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	356 434	191 246	46,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59 020	50 156	15,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	356 653	191 363	46,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	59 685	50 721	15,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72 044	38 655	46,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 873	23 687	15,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99 917	62 342	37,6%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	26 403	14 166	46,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13 283	11 288	15,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	39 686	25 455	35,9%
C_{MO}	[€]	14 130	12 717	10,0%
C_{MS}	[€]	3 756	3 380	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	17 886	16 097	10,0%
OPEX	[€]	57 572	41 552	27,8%

Classe energetica

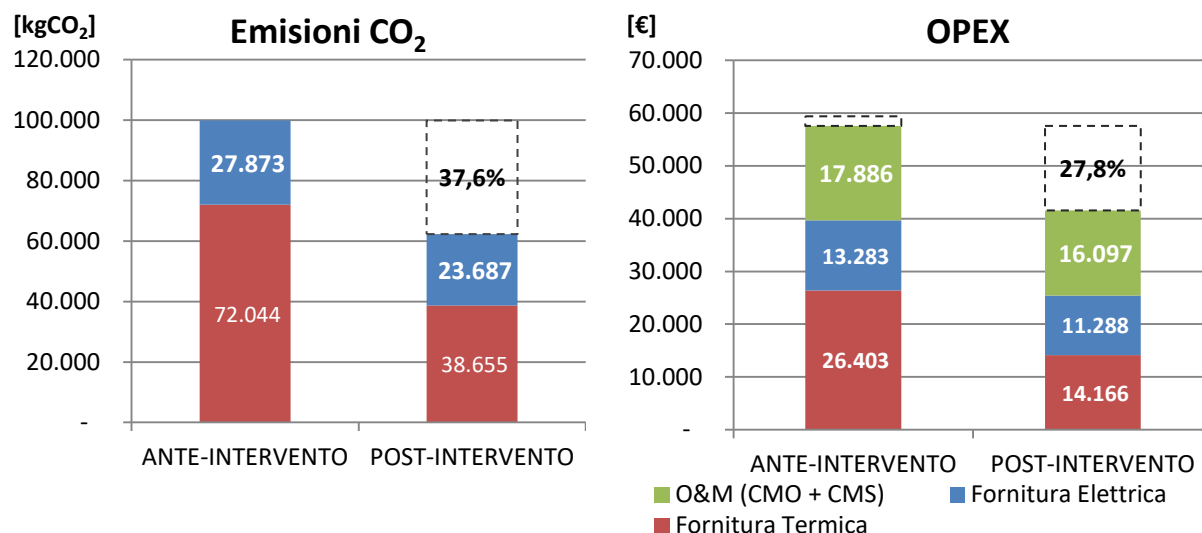
[-]

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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.13 - 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 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– IMPIANTO TERMICO

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%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{pogetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	7
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 60 182
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1 805
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 61 987

%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 49 590
Equity	I _E	€ 12 397
Fattore di annualità Debito	FA _D	6,13
Rata annua debito	q _D	€ 8 084
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 56 589
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 6 999

Tabella 9.16 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 32 530
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 9 899
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{baseline}	€ 42 429
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	35,9%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{baseline}	10,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 10 343
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 4 243
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 139 539
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 15 158
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	82,82%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 3 667
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 500
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 1 933
Canone O&M €/anno	CnM	€ 9 251
Canone Energia €/anno	CnE	€ 22 836
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 32 086
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 6 100
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 38 186
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 10 852
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 24 073
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.17 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	5,51
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,13
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 35 626
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	15,14%
Indice di Profitto	IP	59,20%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	2,33
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,62
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 24 936

Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	51,16%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,347
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	2,205
Indice di Profitto Azionista	IP	41,43%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

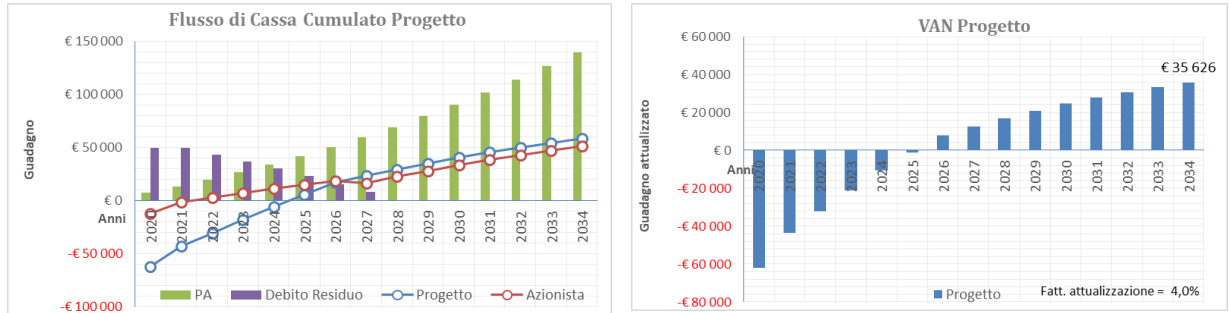
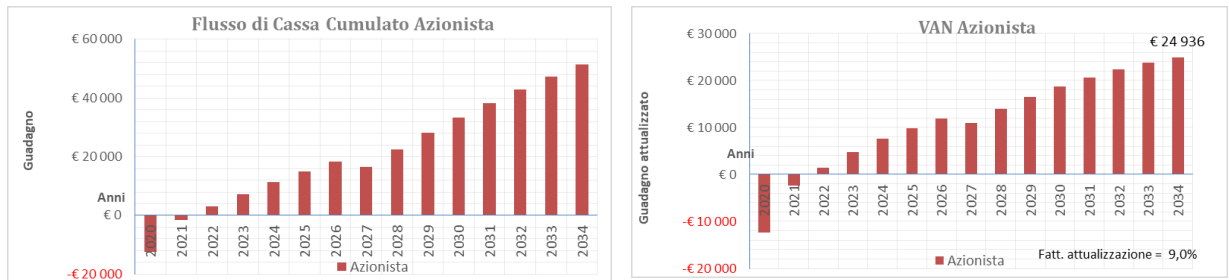
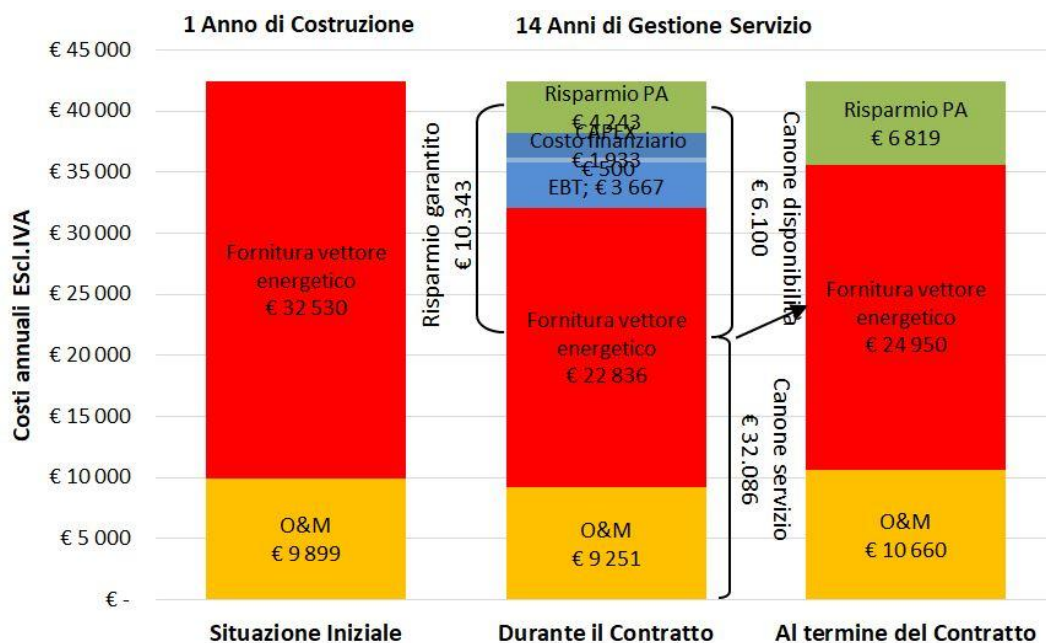


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.5.

Figura 9.56 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO

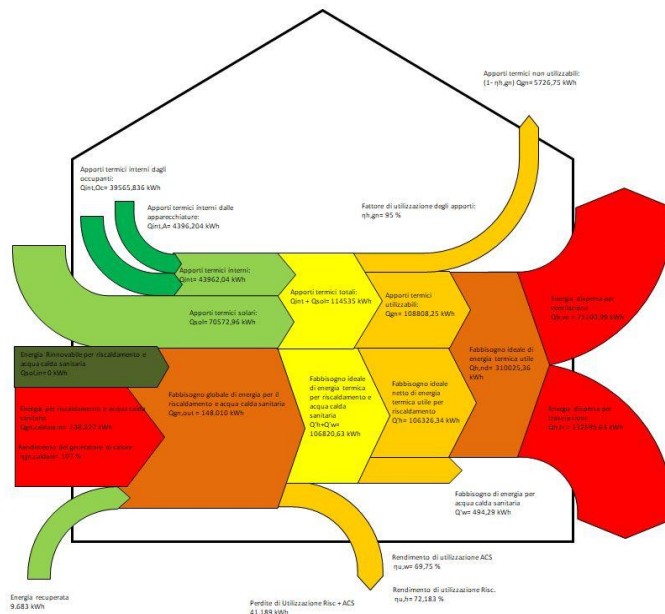
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	138 915,00 €	30 561,30 €	169 476,30 €
EEM2 Fornitura & Posa	31 389,50 €	6 905,69 €	38 295,19 €
EEM3 Fornitura & Posa	37 003,58 €	8 140,79 €	45 144,37 €
EEM4 Fornitura & Posa	4 654,13 €	1 023,91 €	5 678,03 €
Costi per la sicurezza	6 358,87 €	1 398,95 €	7 757,82 €
Costi per la progettazione	14 837,35 €	3 264,22 €	18 101,57 €
TOTALE (I₀)	233 158,43 €	51 294,85 €	284 453,28 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	14 129,93 €	3 756,06 €	17 885,98 €
EEM2 O&M	14 129,93 €	3 756,06 €	17 885,98 €
EEM3 O&M	12 716,93 €	3 380,45 €	16 097,38 €
EEM4 O&M	14 129,93 €	3 756,06 €	17 885,98 €
TOTALE (C_M)	12 716,93 €	3 380,45 €	16 097,38 €
EEM1 O&M	14 129,93 €	3 756,06 €	17 885,98 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	142 226,64 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		28 445,33 €	

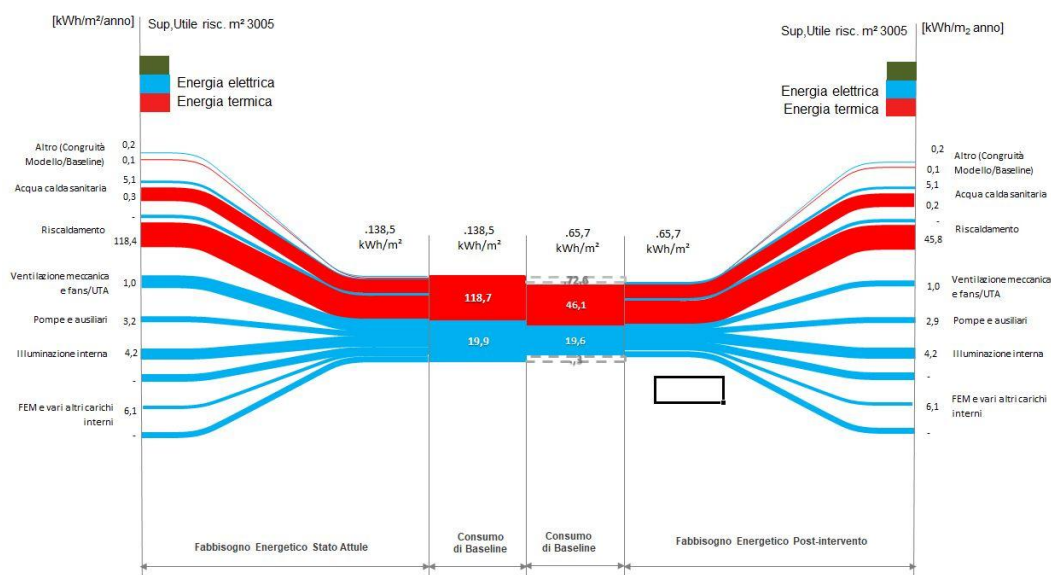
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.17 – 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 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



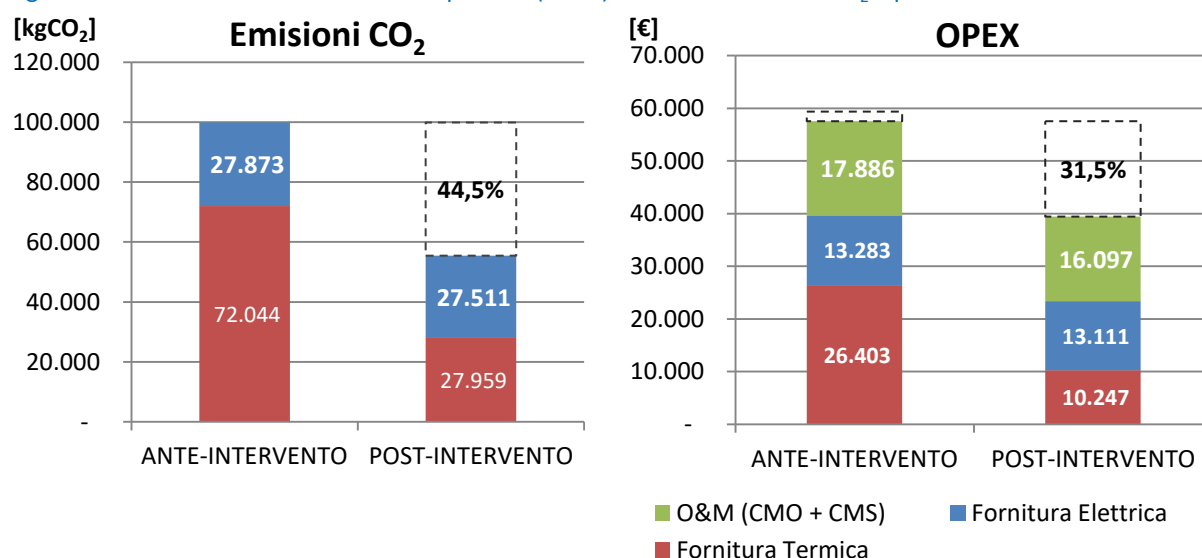
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.19

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	5,7	2	64,9%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	5,7	2	64,9%
EEM3 - Rendimento	[W/m²K]	5,7	2	64,9%
EEM4 - Rendimento	[W/m²K]	5,7	2	64,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	356 434	138 327	61,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59 020	58 254	1,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	356 653	138 412	61,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	59 685	58 910	1,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72 044	27 959	61,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 873	27 511	1,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99 917	55 470	44,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	26 403	10 247	61,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13 283	13 111	1,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	39 686	23 358	41,1%
C_{MO}	[€]	14 130	12 717	10,0%
C_{MS}	[€]	3 756	3 380	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	17 886	16 097	10,0%
OPEX	[€]	57 572	39 455	31,5%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.19 – 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 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– 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%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{pogetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	15
Anni Equity	n_E	23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 284 453
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 8 534
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 292 987
%CAPEX a Debito	D	80,0%

%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 234 390
Equity	I _E	€ 58 597
Fattore di annualità Debito	FA _D	11,41
Rata annua debito	q _D	€ 20 549
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 308 229
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 73 840

Tabella 9.21 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 32 530
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 9 899
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{baseline}	€ 42 429
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	41,1%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{baseline}	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 10 463
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 2 121
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 247 401
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 19 366
N° di Canoni annuali	anni	23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	6,33%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 807
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 3 210
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 4 325
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 9 511
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 22 455
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C _{nS}	€ 31 966
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C _{nD}	€ 8 342
Canone Totale €/anno IVA escl.	C _n	€ 40 308
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 51 295
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 142 227
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2023

Tabella 9.22 – 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.	11,52
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	23,05
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 3 804
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	4,23%
Indice di Profitto	IP	1,34%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	15,00
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	4,44

Valore Attuale Netto, VAN = VA - I _o	VAN > 0	€ 10 938
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	23,00%
Debit Service Cover Ratio	DSCR > 1,3	1,087
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,721
Indice di Profitto Azionista	IP	3,85%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

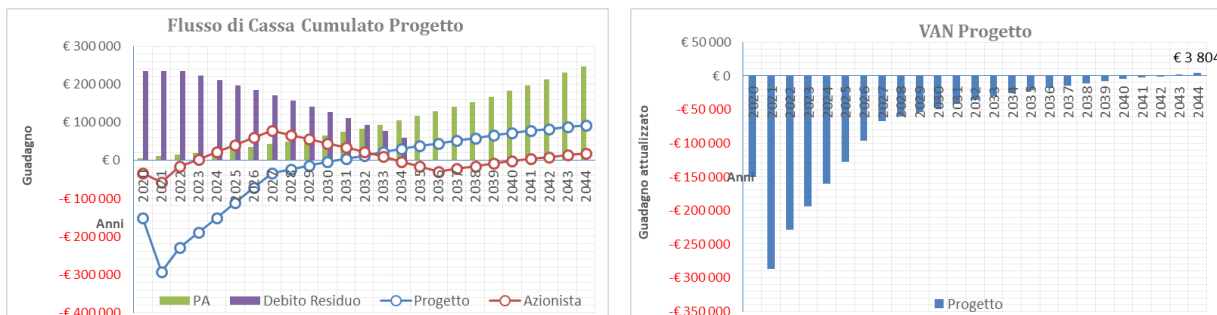
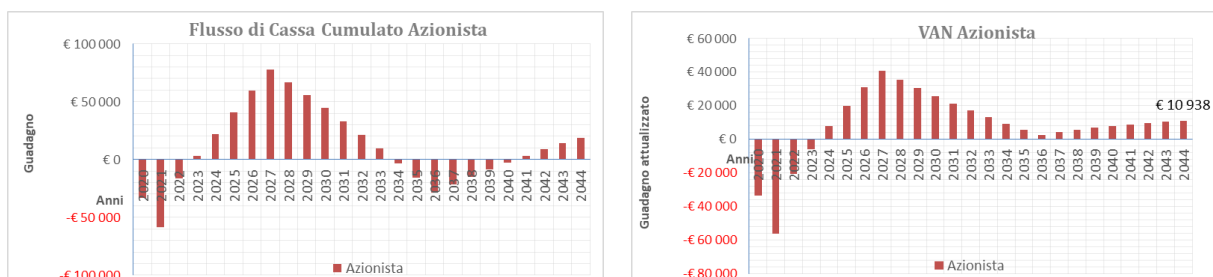
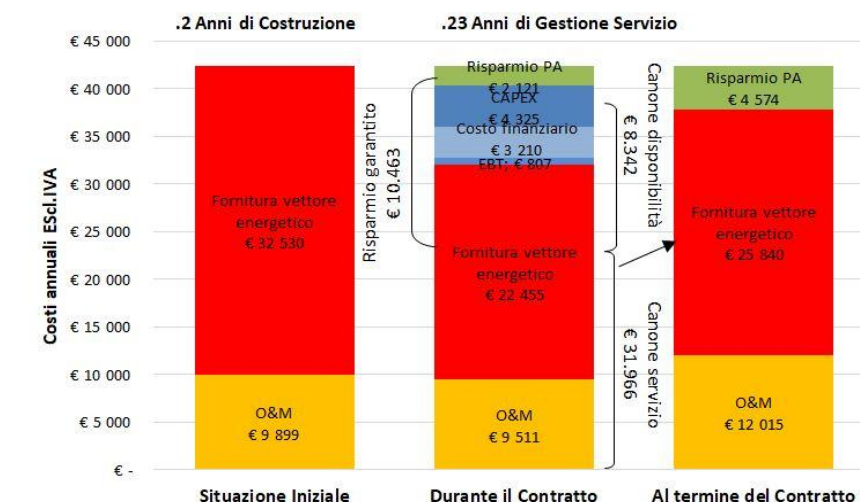


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.5.

Figura 9.22 – 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 (EEM3), l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM4) e la sostituzione dell'attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili (EEM5).
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione del cappotto esterno (EEM2), nell'isolamento e impermeabilizzazione del solaio di copertura (EEM2), nella sostituzione del generatore di calore (EEM3) e l'installazione di valvole termostatiche dove non attualmente presenti (EEM4).

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 - Rendimento	[-]	93,4	107	-14,6%
EEM4 - Rendimento	[-]	78	99	-26,9%
EEM5 - Potenza assorbita	[W]	2080	350	83,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	356.434	191.246	46,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59.020	50.156	15,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	356.653	191.363	46,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	59.685	50.721	15,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72.044	38.655	46,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.873	23.687	15,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99.917	62.342	37,6%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	26.403	14.166	46,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.283	11.288	15,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	39.686	25.455	35,9%
C_{MO}	[€]	14.130	12.717	10,0%
C_{MS}	[€]	3.756	3.380	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	17.886	16.097	10,0%
OPEX	[€]	57.572	41.552	27,8%
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/m²K]	5,7	2	64,9%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	5,7	2	64,9%
EEM3 - Rendimento	[W/m²K]	5,7	2	64,9%
EEM4 - Rendimento	[W/m²K]	5,7	2	64,9%
Q _{teorico}	[kWh]	356.434	138.327	61,2%
EE _{teorico}	[kWh]	59.020	58.254	1,3%
Q _{baseline}	[kWh]	356.653	138.412	61,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	59.685	58.910	1,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72.044	27.959	61,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.873	27.511	1,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99.917	55.470	44,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26.403	10.247	61,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.283	13.111	1,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	39.686	23.358	41,1%
C _{MO}	[€]	14.130	12.717	10,0%
C _{MS}	[€]	3.756	3.380	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17.886	16.097	10,0%
OPEX	[€]	57.572	39.455	31,5%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 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	37,6	37,6	14.231	1.413	376	60.182	2,33	2,62	-	24.936	51,16	0,41	1,347	2,205
SCN 2	44,5	44,5	16.329	1.413	376	284.453	15,0	4,44	-	10.938	23,0	0,04	1,087	0,721

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 tre classi energetiche, ed in particolare per l'edificio in esame dalla G alla D**, attraverso lo scenario proposto numero 2 e concernente le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità rilevate dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell'impianto termico, oltre che dell'involucro opaco.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede un'azione congiunta su involucro e impianto con l'efficientamento dell'involucro mediante la realizzazione del cappotto esterno e dell'isolamento del solaio di copertura e l'efficientamento dell'impianto con la sostituzione del generatore di calore e l'installazione di valvole termostatiche dove non attualmente presenti. Questo scenario presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 44.446 kg CO2.**

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 230.866 kWh.**

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1291_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5 – E1291_rev D-ALLEGATO B_diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5 – E1291_rev D-ALLEGATO B_posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5 – E1291_rev D-ALLEGATO B_schema CT DE_Lotto. n5-E1291_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1291_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1291_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1291_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1291_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 – E1291_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev B-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML) con firma digitale	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev B-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 – E1291_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1137_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1291_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 – E1291_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1291_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM