

Scuola elementare “D. ALIGHIERI” e Scuola materna “J. BONFIENI”

E1137

P.ZZA RICCARDO RISSOTTO 2

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Scuola elementare “D. ALIGHIERI” e Scuola materna “J. BONFIENI”

E1137

P.ZZA RICCARDO RISSOTTO 2

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

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	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i>	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	32
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	36
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	36
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	37
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	38
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	39
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	42
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	42
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	42
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	45
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	46
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	46
8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	48



8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	48
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	48
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	50
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	56
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	56
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	57
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	57
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	59
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	65
9.3.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO TERMICO</i>	68
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	73
10	CONCLUSIONI	78
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	78
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	78
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	79
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		A
ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI		A
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		A
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		A
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		A
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		A
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		A
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....		B
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....		B
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....		B
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		B
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		B
ALLEGATO N – CD-ROM		B

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1910
Anno di ristrutturazione		2010-2011 cambio infissi e rifacimento facciata 2016-2017 consolidamento solai e antisfondellamento
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.603
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.351
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	15.870
Rapporto S/V	[1/m]	0,27
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.848
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.848
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento alimentata a gas metano
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	600
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		-
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	58,9
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	154.507
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	12 232
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	59.324
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13 185

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Cappotto interno;
- EEM 2: Generatore modulare a condensazione;
- EEM 3: Valvole termostatiche;
- EEM 4: Circolatore con inverter.

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

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MIO}	ΔC _{MIS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	17,2	17,2	4 023	-	-	66 417	8,8	12,6	30	31 531	9,0	0,47	-	-
EEM 2	34,1	34,1	7 881	1 649	438	49 609	3,5	3,8	15	67 715	23,7	1,36	-	-
EEM 3	6,5	6,5	1 493	-	-	5 396	3,7	4,2	15	9 386	25,0	1,74	-	-
EEM 4	3,9	3,9	1 093	-	-	4 277	3,9	4,5	15	6 596	23,0	1,54	-	-
SCN 1	47,5	47,5	11 169	1 649	438	59 283	2,10	2,33	-	21 450	60,32	0,36	1,468	1,548
SCN 2	46,2	46,2	10 717	1 649	438	121 423	3,34	3,73	-	25 152	39,23	0,21	1,310	1,011

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

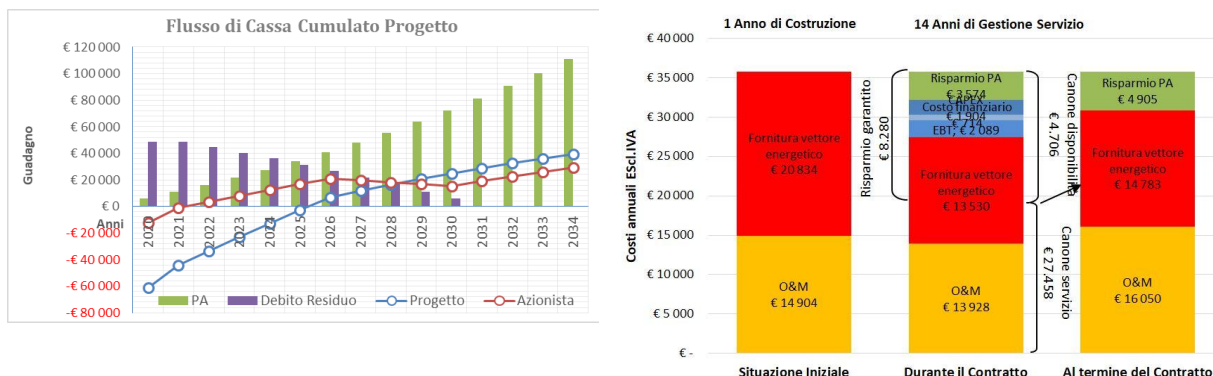
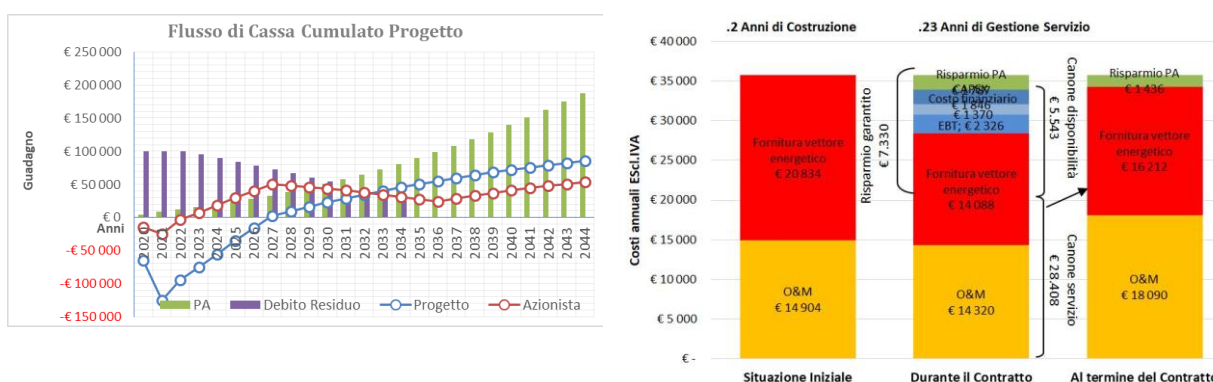


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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

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

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l'efficientamento dell'involucro mediante l'inserimento di un cappotto interno e dell'impianto termico mediante la sostituzione del generatore ed un sistema di regolazione e controllo della temperatura per ogni singolo ambiente. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO₂ equivalente si stima, per lo scenario 2, che risulta essere quello più performante anche in termini di ambientali, **una riduzione complessiva di 27.219 kg CO₂**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, **sarebbe possibile risparmiare 144.101 kWh**.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista dell'ingresso alla scuola materna



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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carmela Palmieri Marco Santomauro Fabio Armillotta Pierluigi Feondo 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 Feondo	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. 18 Mapp. 321, è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Bolzaneto, un quartiere genovese della Val Polcevera (Municipio V), compreso tra i quartieri di Rivarolo a sud e Pontedecimo a nord e confinante con i comuni di Ceranesi a nord-ovest e Serra Riccò e Sant’Olcese a nord-est. L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola dell’infanzia e a scuola primaria.

Figura 1.2 – Ubicazione dell’edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1910
Anno di ristrutturazione		2010-2011 cambio infissi e rifacimento facciata 2016-2017 consolidamento solai e antisfondellamento

Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.603
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.351
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	15.870
Rapporto S/V	[1/m]	0,27
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.848
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	-
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.848
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	Caldaia a basamento alimentata a gas metano
Tipologia generatore riscaldamento		600
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	-
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Boiler Elettrici
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		58,9
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	154.507
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	12 232
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	59.324
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	13 185
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.603

Nota (1): Valori di Baseline

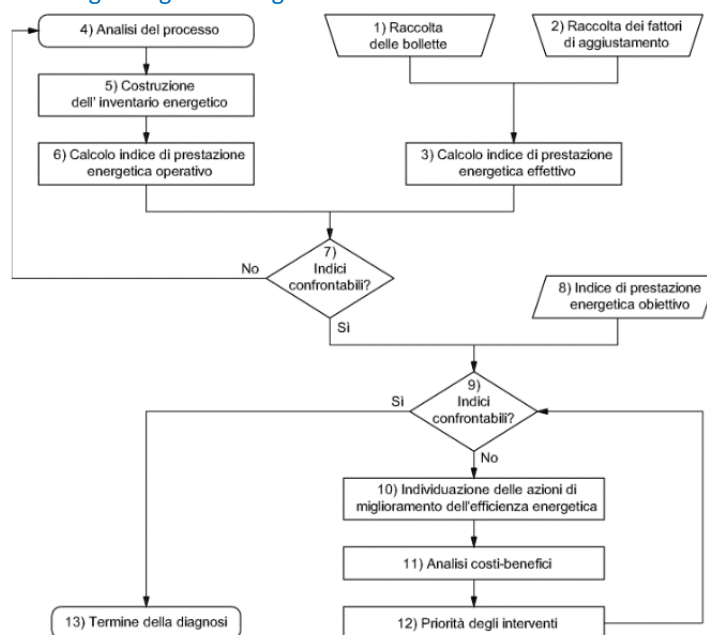
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato B – Elaborati grafici.
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;

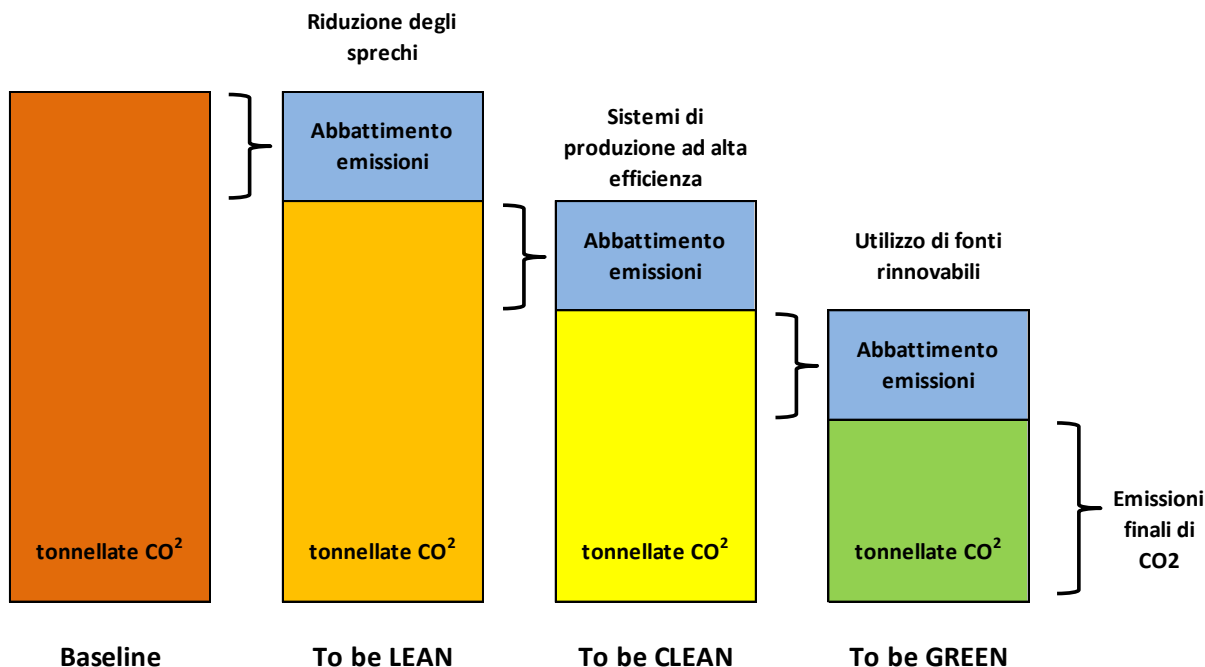
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell’Università di Genova e riportati all’Allegato I – Dati Climatici;
- i) Individuazione della “baseline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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domande 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:

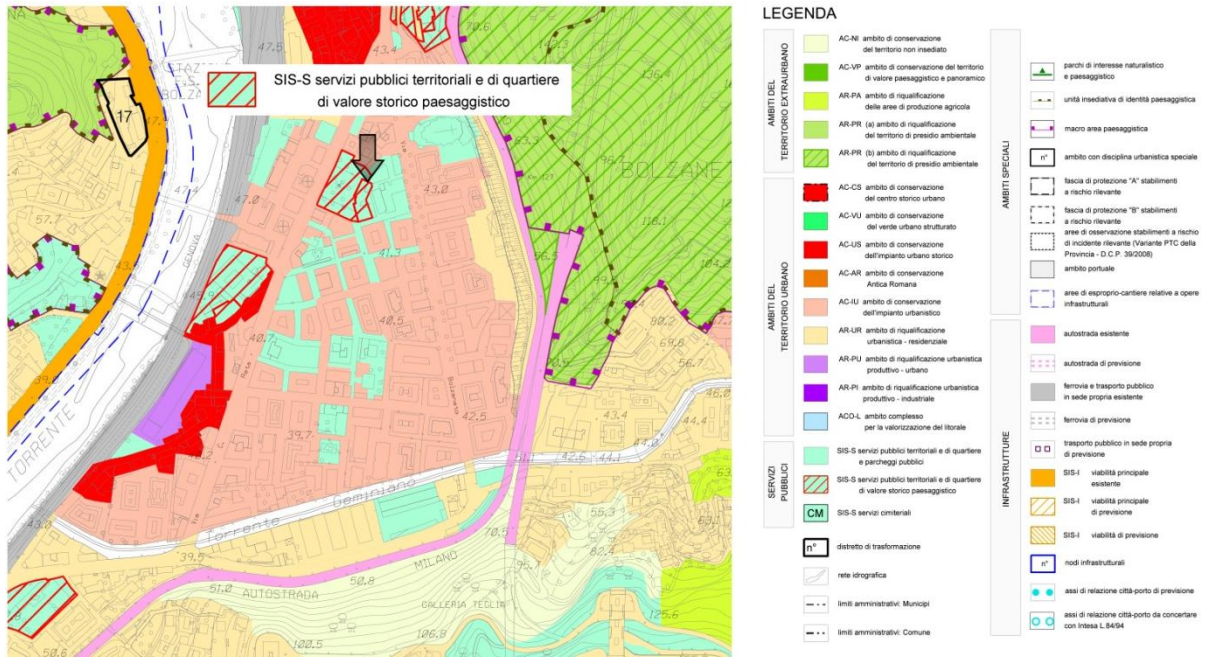
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

Il territorio dell'ex circoscrizione di Bolzaneto si estende su entrambi i versanti del Polcevera. Il centro principale (Bolzaneto) si trova sulla sinistra del torrente, lungo la ex Strada statale 35 dei Giovi. Sull'argine che divide l'abitato dal torrente, costruito intorno alla metà dell'Ottocento, corre la linea ferroviaria Genova-Torino.

L'edificio di Piazza Rissotto 2, è localizzato in una zona centrale di Bolzaneto ed è la sede centrale dell'Istituto Comprensivo Bolzaneto che ospita, oltre alla sede dell'ufficio del Dirigente Scolastico e degli uffici amministrativi, la scuola per l'infanzia "Jolanda Bonfieni" al piano primo e ai piani secondo e terzo la scuola primaria "Dante Alighieri". È un edificio dei primi del 900 circa, che nel tempo è stato oggetto di alcuni interventi di ristrutturazione. Il più significativo ha riguardato la sostituzione di tutti i serramenti esterni e il rifacimento della facciata. Più recentemente, tra il 2016 e il 2017 sono stati consolidati i solai con sistemi antisfondellamento.

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.

Il plesso Jolanda Bonfieni e Dante Alighieri, è formato da 6 sezioni di Scuola dell’Infanzia e 18 classi di Scuola Primaria. Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 500 bambini, oltre a maestre e collaboratrici scolastiche. Inoltre, è importante evidenziare come, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, l’efficientamento dell’edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L’edificio, ospitante la scuola oggetto della DE, è disposto su cinque livelli principali: al piano seminterrato ci sono la palestra, il refettorio, la cucina, la dispensa, magazzini e locali di servizio; al piano terra ci sono l’atrio di ingresso, un’aula riunioni, la biblioteca, gli uffici, la segreteria e i servizi igienici; al primo ci sono le aule della scuola dell’infanzia, una stanza multifunzione, un refettorio per i piccoli e i servizi igienici; al secondo e terzo ci sono le aule didattiche e i servizi igienici della scuola primaria.

La Scuola ha in copertura uno spazio attrezzato per la realizzazione di piccoli orti didattici.

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

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



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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Refettorio, cucina, dispensa, palestra, locali tecnici, magazzino e servizi igienici	[m ²]	179	-	-
Terra	Ingresso, uffici, segreteria, sala riunioni, biblioteca e servizi igienici	[m ²]	430	430	-
Primo (Materna)	Aule didattiche, refettorio dei piccoli e servizi igienici	[m ²]	480	448	-
Secondo (primaria)	Aule didattiche e servizi igienici	[m ²]	609	609	-
Terzo (primaria)	Aule didattiche e servizi igienici	[m ²]	585	585	-
TOTALE		[m ²]	531	531	-

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

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

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




Dal punto di vista storico l’edificio, localizzato a Bolzaneto, è un edificio dei primi del 900 e rappresenta un notevole esempio di architettura dei primi del 900. L’edificio è sottoposto a verifica di interesse culturale ai sensi dell’art. 12 del D.Lgs. n.42 del 22 gennaio 2004.

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

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Cappotto interno	[Storico – Artistico]		[Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici]
EEM 2: Generatore modulare a condensazione	[Storico – Artistico]		[Mantenimento dei medesimi posizionamenti ed ingombri delle macchine]
EEM 3: Valvole termostatiche	[Storico – Artistico]	-	-
EEM 4: Circolatori a giri variabili	[Storico – Artistico]	-	-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

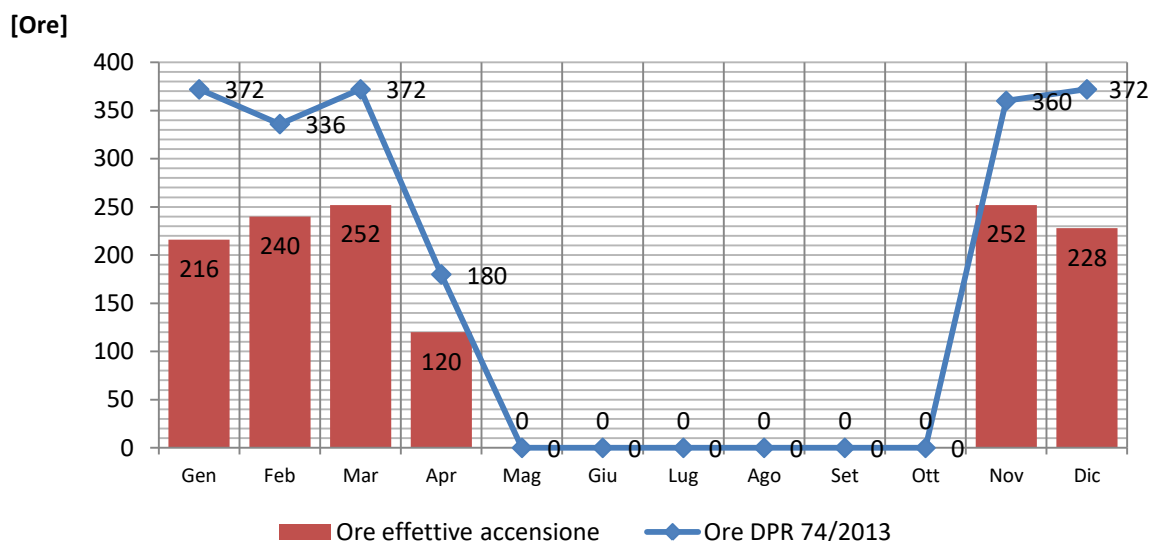
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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

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

PERIODO	GIORNI 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 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 905 GG su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

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

3.2 DATI CLIMATICI REALI

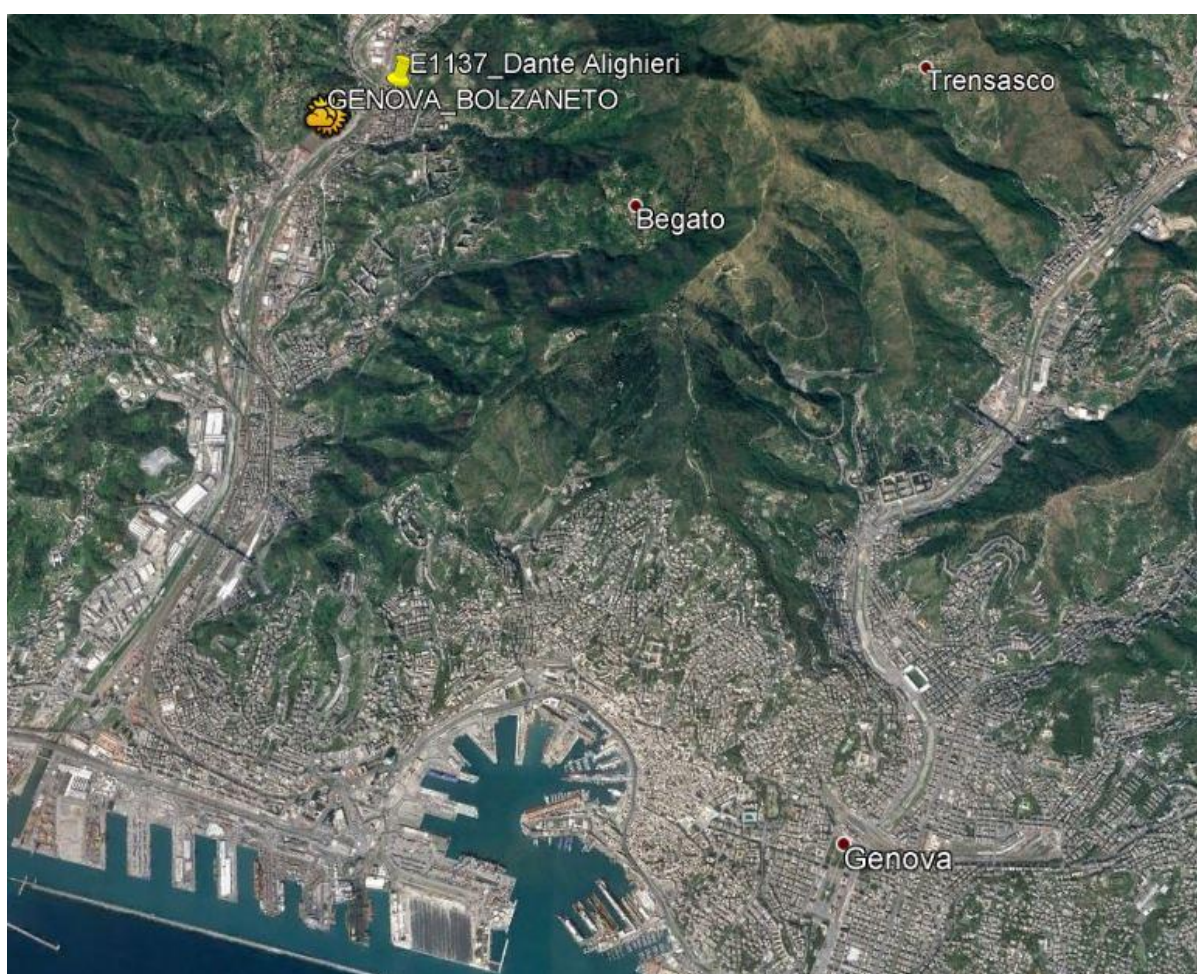
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

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

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

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

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

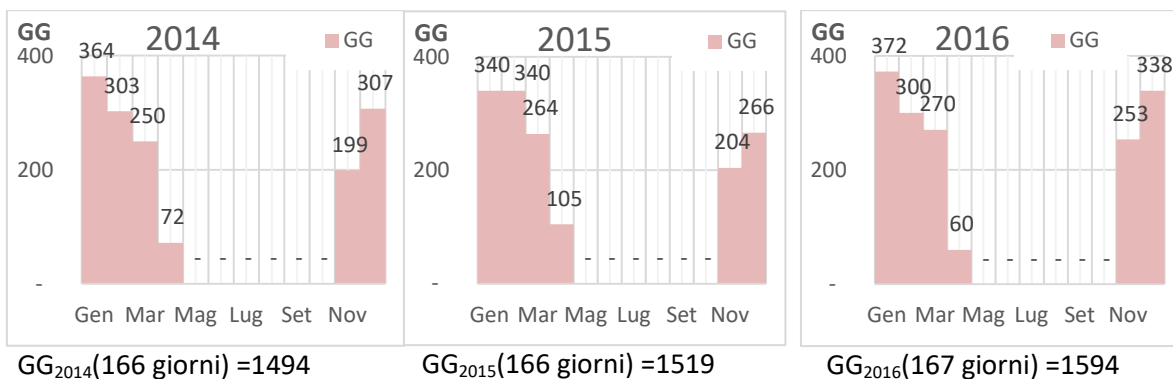


3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

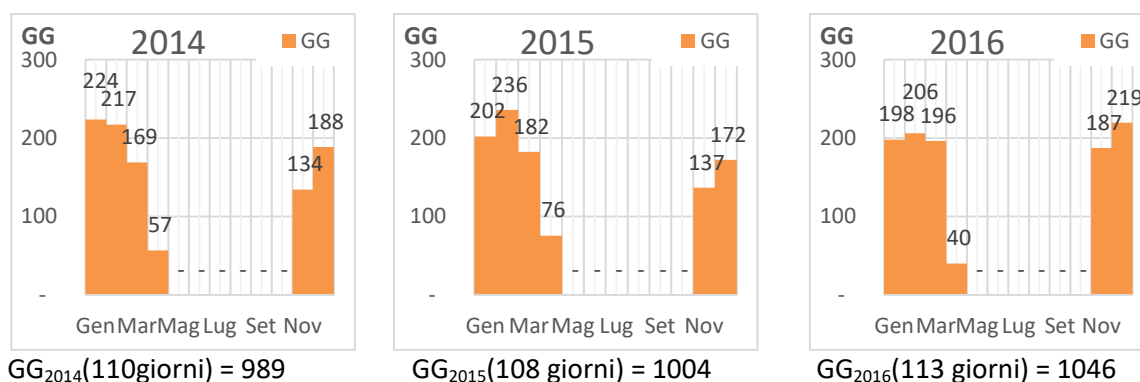


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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

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

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

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura portante in pietrame misto con spessori decrescenti dal basso verso l'alto, che vanno da 85 a 50 cm. La muratura è intonacata su entrambi i lati e, ad ogni piano è uguale su tutti i fronti dell'edificio.

In genere non sono presenti nicchie sottofinestra, tranne che in pochi casi.

I solai sono in laterocemento e, nella maggior parte degli ambienti sono presenti dei controsoffitti. Il solaio di copertura è piano ed è accessibile dal vano scala principale. Recentemente è stato pavimentato ed accoglie le attrezzature per la realizzazione di piccoli orti. Il piano seminterrato presenta segni evidenti di umidità di risalita sulle murature.

Figura 4.1 - Particolare della muratura esterna



Figura 4.2 - Particolare del solaio di copertura



Questa soluzione realizzativa non presenta problematiche particolari, se non all'ultimo piano, presumibilmente aggiunto in un periodo successivo alla realizzazione dell'edificio, che risulta essere troppo freddo in inverno e troppo caldo in estate.

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".

L'Indagine endoscopica delle strutture non è stata necessaria grazie alla possibilità di eseguire dei saggi sulla muratura in più zone dell'edificio.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte 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 con controsoffitto	SL02	[55,3]	[assente]	[1,13]	[buono]
Solaio di copertura	SL04	[35,4]	[assente]	[1,58]	[buono]
Solaio interpiano	SL05	[29,0]	[assente]	[1,51]	[buono]
Parete esterna verticale	[MR01]	[60]	[assente]	[2,008]	[buono]
Parete esterna	[MR02]	[55]	[assente]	[2,11]	[buono]
Parete esterna	[MR04]	[45]	[assente]	[2,40]	[buono]
Parete esterna	[MR05]	[40]	[assente]	[2,57]	[buono]
Parete esterna (seminterrato)	[MR10]	[90]	[assente]	[2,005]	[mediocre]
Parete esterna (seminterrato)	[MR11]	[75]	[assente]	[2,007]	[mediocre]
Parete esterna (seminterrato)	[MR12]	[85]	[assente]	[2,005]	[mediocre]

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 in buono stato di conservazione, installati in occasione del rifacimento della facciata tra il 2010 e il 2011.

Gli infissi della palestra sono in metallo a vetro singolo.

Tutti gli infissi non presentano sistemi di schermatura esterni. Nelle aule sono presenti tende interne bianche.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti





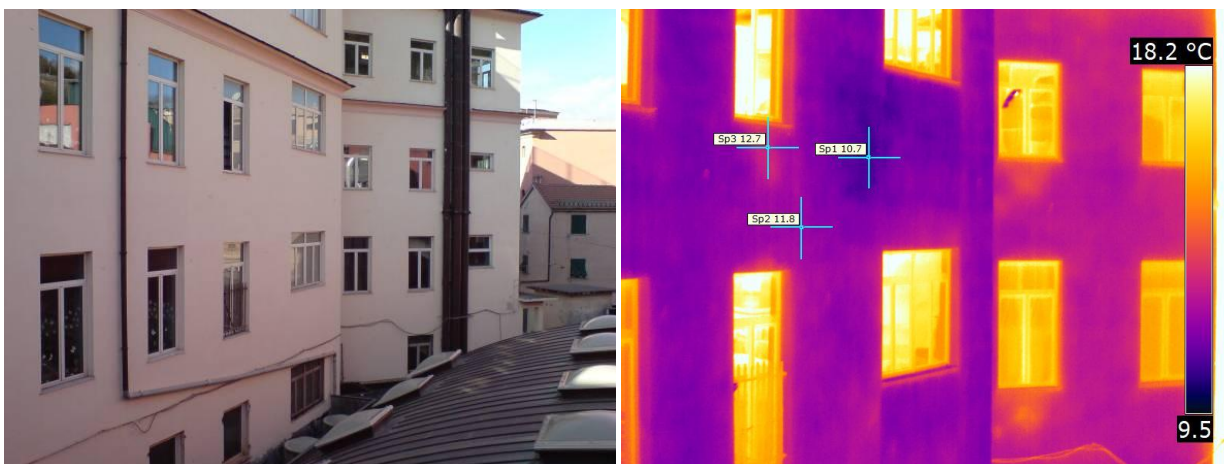
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- 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 fronte est



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento a due ante con sopra luce	WN02	[0.95x2.30]	PVC	Vetrocamera	2,78	buono
Serramento ad un’anta (vano scala)	WN03	[1.30x1.30]	PVC	Vetrocamera	2,80	buono
Serramento a quattro ante con sopra luce	WN04	[2.20x1.90]	PVC	Vetrocamera	2,79	buono
Serramento a sei ante	WN05	[3.50x1.50]	PVC	Vetrocamera	2,79	buono
Serramento a tre ante	WN06	[1.50x1.20]	PVC	Vetrocamera	2,78	buono
Serramento ad un’anta (palestra)	WN07	[1.30x1.80]	ferro	Vetro singolo	5,97	mediocre
Serramento a due ante	WN08	[0.98x2.80]	PVC	Vetrocamera	2,77	buono
Serramento ad un’anta (vano scala)	WN09	[1.30x0.80]	PVC	Vetrocamera	2,76	buono
Serramento a due ante con sopra luce	WN10	[1.30x2.70]	PVC	Vetrocamera	2,78	buono
Serramento a due ante	WN13	[1.70x3.65]	alluminio	Vetro singolo	5,64	discreto

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 un circolatore 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 in 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 disimpegno



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%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Seminterrato	Su parete interna	5	2,70	13,5	-	-
	Su parete interna	2	2,88	5,76	-	-
	Su parete esterna non isolata	6	2,03	12,18	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,71	0,71	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,62	1,62	-	-
Terra	Su parete interna	1	1,62	1,62	-	-
	Su parete interna	3	2,70	8,1	-	-
	Su parete interna	3	2,03	6,09	-	-
	Su parete esterna non isolata	6	1,62	9,72	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,74	2,74	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,70	2,70	-	-
	Su parete esterna non isolata	5	2,03	10,15	-	-
Primo	Su parete interna	2	0,56	1,12	-	-
	Su parete interna	1	0,85	0,85	-	-
	Su parete interna	2	2,70	5,4	-	-

	Su parete interna	2	0,77	1,54	-	-
	Su parete interna	1	1,62	1,62	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	2,03	6,09	-	-
	Su parete esterna non isolata	8	1,62	12,96	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	2,70	8,10	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	2,43	4,86	-	-
Secondo	Su parete interna	2	0,49	0,98	-	-
	Su parete interna	2	0,62	1,24	-	-
	Su parete interna	7	0,6	4,20	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	2,43	7,29	-	-
	Su parete esterna non isolata	7	2,70	18,9	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	2,03	4,06	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,08	1,08	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,62	1,62	-	-
Terzo	Su parete interna	3	0,49	1,47	-	-
	Su parete interna	7	0,6	4,20	-	-
	Su parete interna	1	0,62	0,62	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	2,43	7,29	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	2,03	4,06	-	-
	Su parete esterna non isolata	7	2,70	18,90	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,08	1,08	-	-
TOTALE		108		194,42	-	-

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

Nota(2): La differenza di temperatura tra i terminali di emissione e ambiente è assunta pari a 33,0°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.

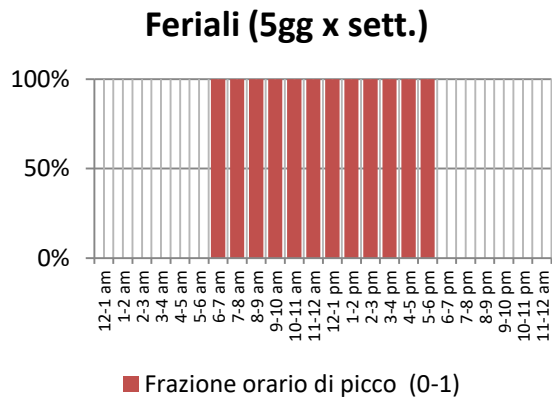
Figura 4.9 - Particolare del sistema di termoregolazione in CT



Figura 4.10 – Particolare della centralina di controllo in CT



Figura 4.11 - 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	Climatica centralizzata on/off	86%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

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

1) **Circuito di riscaldamento:** è presente una pompa di circolazione gemellare, sul circuito di mandata, che collega il generatore ai terminali di emissione 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 di riscaldamento sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito di riscaldamento

	NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito di riscaldamento - Edificio scolastico	P1	Circolazione interna	N.D.	N.D.	0,39 (1)
Circuito di riscaldamento - Edificio scolastico	P2	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri fissi)	N.D.	N.D.	1,70 (1)
TOTALE			N.D.	N.D.	2,09 (1)

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

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

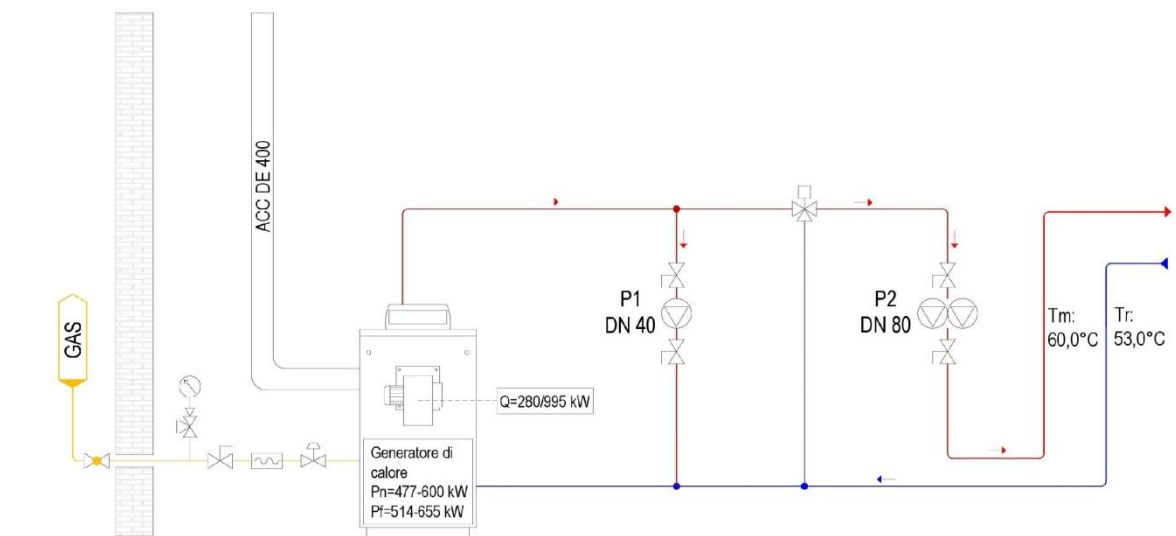
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito di riscaldamento

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito di riscaldamento	Mandata	Caldo	60 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	53 (2)	60 (1)

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

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

Figura 4.12 - Particolare dello schema di impianto



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

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari all'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 1996.

Il bruciatore a servizio del generatore di calore è di marca Baltur, modello BGN 100 DSPGN con potenza nominale min/Max pari a 280/995 kW del 2002.

Figura 4.13 - Particolare del generatore installato in centrale termica



Figura 4.14 - Particolare del bruciatore a servizio del generatore di calore



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

Tabella 4.8 - 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	1996	655 (1)	600 (1)	94% (3)	0,150 (2)
Bru 1	Riscaldamento	BALTUR	BGN 100 DSPGN	2002	-	995 (1)	-	1,100 (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 73%

Il rendimento del generatore di calore è stato assunto pari a 94% in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo sul libretto di impianto, nella sezione relativa alla prova fumi svolta il 15/03/2017, 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.

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

La produzione è eseguita tramite boiler elettrici per produzione di acqua calda sanitaria. Il numero complessivo di boiler elettrici installati e rilevati in sede di sopralluogo è pari a 7.



Il numero complessivo di boiler elettrici installati e rilevati in sede di sopralluogo è pari a 7. I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4..

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

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

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo

Nota (2) Sottosistema non presente

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Edificio scolastico	PC	11	220	2.420	400
	Frigorifero	1	380	380	5.520
	Forno elettrico piccolo	1	900	900	300
	Forno microonde	1	1.000	1.000	300
	Distributore caffè	1	1.350	1.350	200
	Distributore automatico cibi e bevande	1	500	500	5.520
	Stufa elettrica	1	2.000	2.000	1000
	Stampante multifunzione	2	300	600	500
	Rack dati	1	100	100	5520
	Aspiratore aria spogliatoio palestra	2	50	100	200
	Scaldavivande	3	1.800	5.400	200
	Stampante	4	80	320	400
	Lim	4	340	1.360	400
	Ascensore	1	12.000	12.000	200

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

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

La principale tipologia di corpi illuminanti installati è di seguito elencata:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle aule, in palestra, nei servizi igienici e nei corridoi.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule del piano terra



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

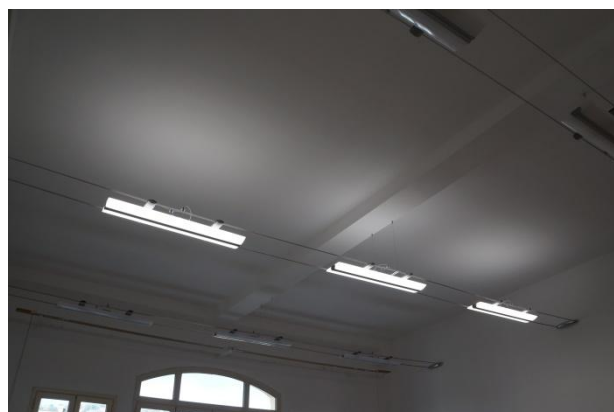
ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Edificio scolastico	Tubolare	1	18 (1x18)	18
	Tubolare	3	36 (1x36)	108
	Tubolare	1	58 (1x58)	58
	Tubolare	9	36 (2x18)	324
	Tubolare	177	72 (2x36)	12.744
	Tubolare	63	116 (2x58)	7.308
	Tubolare di emergenza	71	18 (1x18)	1.278
	Incandescenza	3	60	180

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 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati lungo i corridoi



Figura 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'interno di un'aula al terzo piano



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	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm ³]	[kWh/Nm ³]	[Sm ³ /Nm ³]	[kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Materna “Bonfieni”;
- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Elementare “Dante Alighieri”;

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	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270037009266	Riscaldamento	19.713	18.949	16.419	185.692	178.502	154.667

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). 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:

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

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

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 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU 110 GIORNI	GG _{RIF} SU 110 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 905 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	989	905	19 713	185 750	187,9	169 978	-	-
2015	1 004	905	18 949	178 551	177,9	160 900	-	-
2016	1 046	905	16 419	154 711	147,9	133 757	-	-
Media	1 013	905	18 360	173 004	170,8	154 507	-	-

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 5.4:

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	154.507
$Q_{baseline}$	154.507

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola Materna “Bonfieni”;
- Scuola Elementare “Dante Alighieri”;

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 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096849	Edificio scolastico	53.120	65.829	53.720	57.556
TOTALE		53.120	65.829	53.720	VALORE MEDIO FATTURATO 57.556

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 coincidente; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 53.120 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell’1% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 66.476 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell’8% circa. (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 58.377 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 3% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 59.324 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 59.324 kWh.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096849	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	4.535	741	819	6.095
Feb - 14	4.426	719	587	5.732
Mar - 14	3.919	874	886	5.679
Apr - 14	3.287	834	1.011	5.132
Mag - 14	3.093	754	848	4.695
Giu - 14	2.061	580	620	3.261
Lug - 14	980	456	489	1.925
Ago - 14	643	296	489	1.428
Set - 14	2.381	625	546	3.552
Ott - 14	3.865	778	618	5.261
Nov - 14	3.727	672	667	5.066
Dic - 14	3.585	737	972	5.294
Totale	36.502	8.066	8.552	53.120
POD: IT001E00096849	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	4.217	1.071	1.305	6.593
Feb - 15	4.298	1.021	1.160	6.479
Mar - 15	4.668	1.081	1.283	7.032
Apr - 15	3.748	926	1.298	5.972
Mag - 15	3.672	1.024	1.451	6.147
Giu - 15	2.728	891	1.231	4.850
Lug - 15	1.468	719	1.061	3.248
Ago - 15	1.105	597	1.118	2.820
Set - 15	2.791	922	1.095	4.808
Ott - 15	4.535	1.082	1.115	6.732
Nov - 15	4.536	856	676	6.068
Dic - 15	3.679	656	745	5.080
Totale	41.445	10.846	13.538	65.829
POD: IT001E00096849	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	4.071	772	837	5.680
Feb - 16	4.730	821	748	6.299
Mar - 16	4.059	778	754	5.591
Apr - 16	3.223	796	832	4.851
Mag - 16	3.648	730	676	5.054
Giu - 16	2.184	616	622	3.422
Lug - 16	1.014	380	548	1.942
Ago - 16	930	399	632	1.961
Set - 16	2.246	596	574	3.416
Ott - 16	3.500	691	687	4.878
Nov - 16	4.089	726	784	5.599
Dic - 16	3.179	736	1.112	5.027
Totale	36.873	8.041	8.806	53.720

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 5.7 bis.

Tabella 5.7 – Consumi mensili fatturati

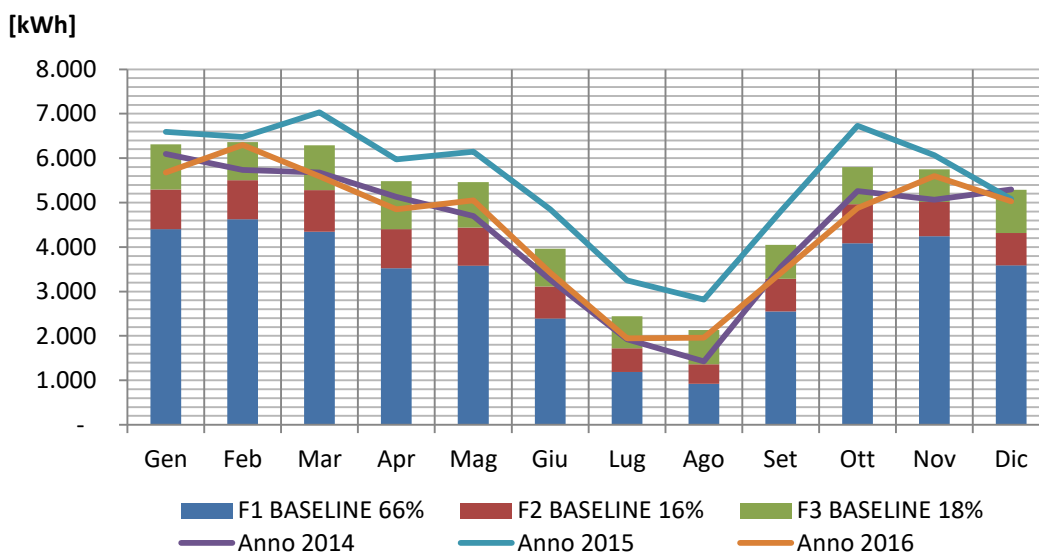
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.274	861	987	6.123
Febbraio	4.485	854	832	6.170
Marzo	4.215	911	974	6.101
Aprile	3.419	852	1.047	5.318
Maggio	3.471	836	992	5.299
Giugno	2.324	696	824	3.844
Luglio	1.154	518	699	2.372
Agosto	893	431	746	2.070
Settembre	2.473	714	738	3.925
Ottobre	3.967	850	807	5.624
Novembre	4.117	751	709	5.578
Dicembre	3.481	710	943	5.134
Totale	38.273	8.984	10.299	57.556

Tabella 5.7 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.406	888	1.017	6.311
Febbraio	4.622	880	857	6.359
Marzo	4.345	939	1.004	6.288
Aprile	3.524	878	1.079	5.482
Maggio	3.578	862	1.022	5.461
Giugno	2.396	717	850	3.962
Luglio	1.189	534	721	2.445
Agosto	920	444	769	2.133
Settembre	2.549	736	761	4.046
Ottobre	4.088	876	831	5.796
Novembre	4.244	774	731	5.749
Dicembre	3.588	731	972	5.291
Totale	39.449	9.260	10.615	59.324

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.1.

Figura 5.1 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento

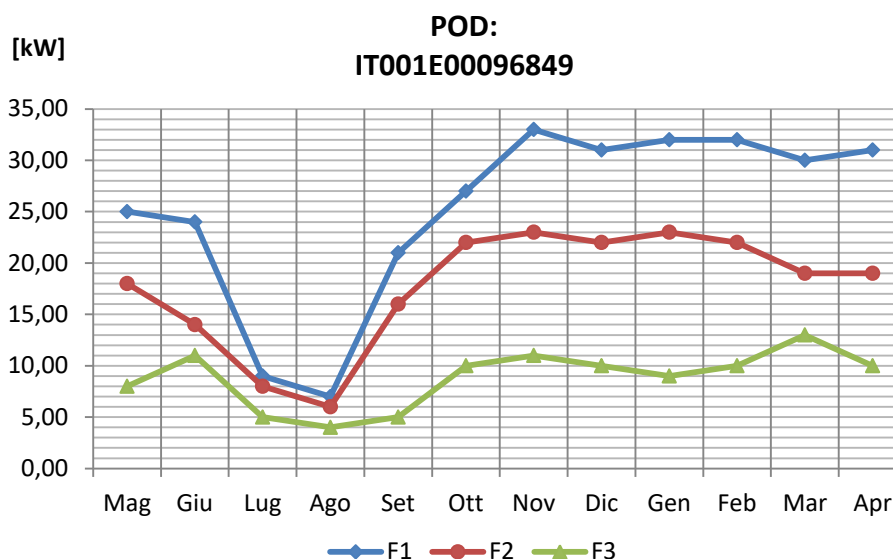


I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

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

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

Figura 5.2 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096849



Il prelievo di potenza massima è pari a 33,00 kW e si verifica nel mese di Novembre 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

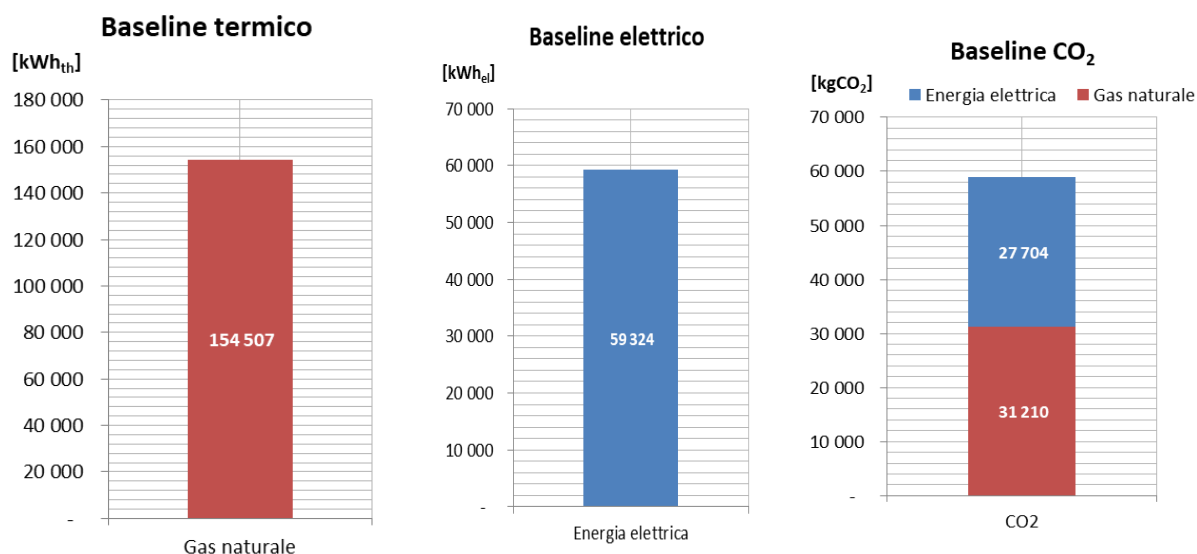
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 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	154.507	0,202	31,210
Energia elettrica	59.324	0,467	27,704

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 5.9 - 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 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.10.

Tabella 5.10 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.603	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.848	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	15.870	m ³

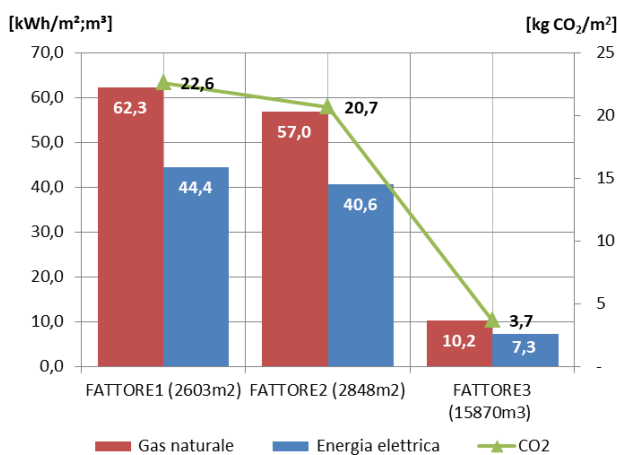
Nella Tabella 5.11 e Tabella 5.12 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

Tabella 5.11 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

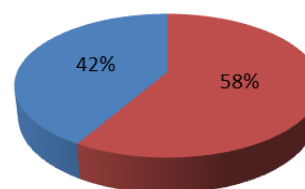
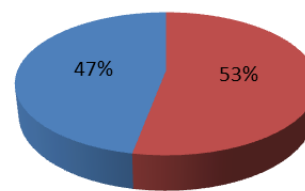
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	154 507	1,05	162 232	62,3	57,0	10,2	11,99	10,96	1,97
Energia elettrica	59 324	2,42	143 564	55,2	50,4	9,0	10,64	9,73	1,75
TOTALE			305 796	117	107	19	23	21	4

Tabella 5.12 – 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	154 507	1,05	162 232	62,3	57,0	10,2	11,99	10,96	1,97
Energia elettrica	59 324	1,95	115 682	44,4	40,6	7,3	10,64	9,73	1,75
TOTALE			277 914	107	98	18	23	21	4

Figura 5.3 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.4 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.33 – 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	7,828	7,525	6,520	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	13,504	16,899	15,081

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

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

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

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

	Wh _t / 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 5.15 – 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	276,813	264,353
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	219,658	218,298
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	16,807	13,543
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	38,971	31,402
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,377	1,110
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	70,996	65,537

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	55 883	552 745
Energia Elettrica	69 011 + 12 279	158 516

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 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	85,421	76,950
Climatizzazione invernale	EP_{H}	kWh/mq anno	45,659	44,911
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_{w}	kWh/mq anno	1,398	1,126
Ventilazione	EP_{v}	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_{c}	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_{L}	kWh/mq anno	36,969	29,803
Trasporto di persone e cose	EP_{T}	kWh/mq anno	1,377	1,110
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2\text{eq}}$	Kg/mq anno	27,784	24,034

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	12 870	121 239
Energia Elettrica	46 945 + 12 279	59 224

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
157 441	154 507	1,8

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
59 224	59 324	0,2

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

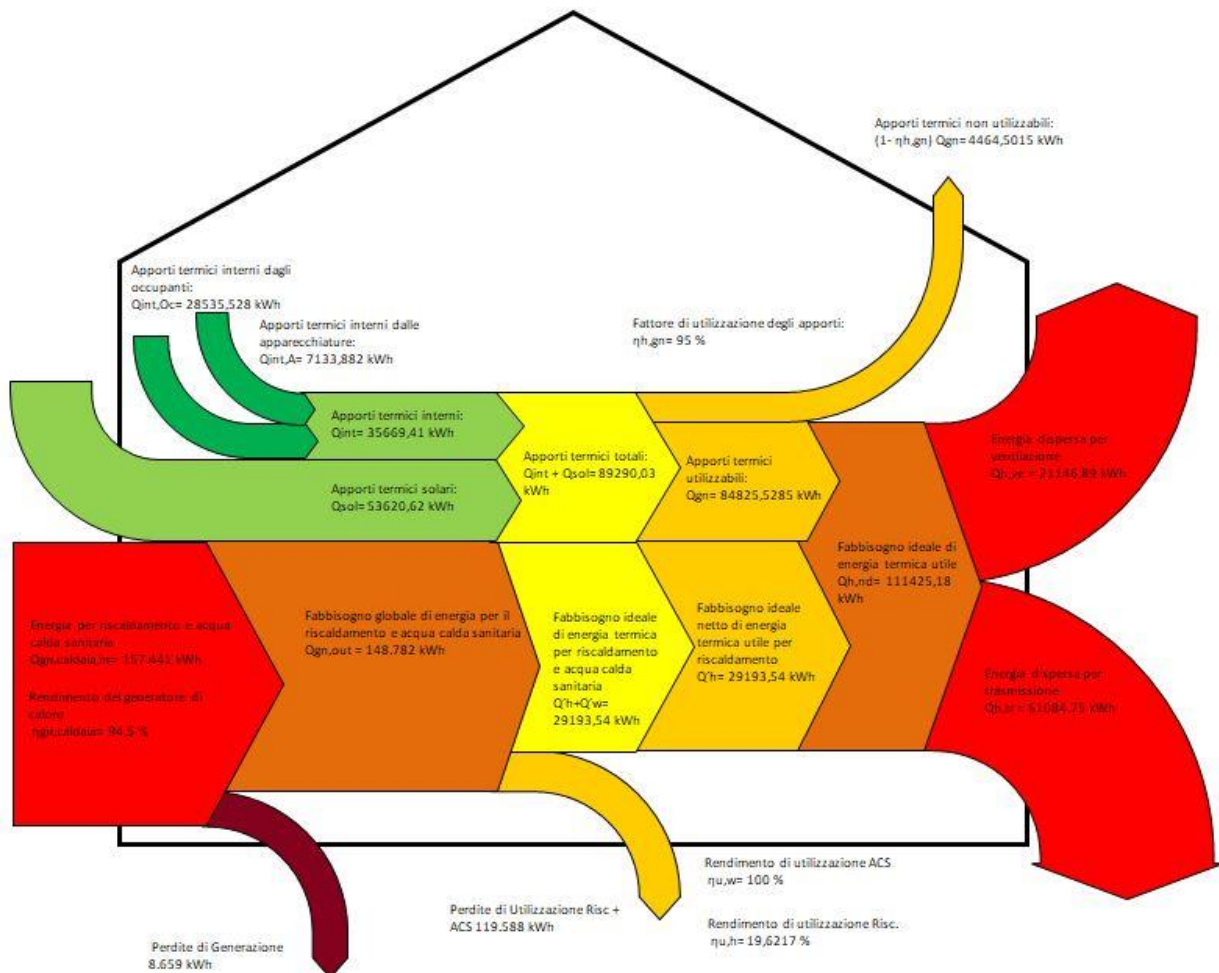
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

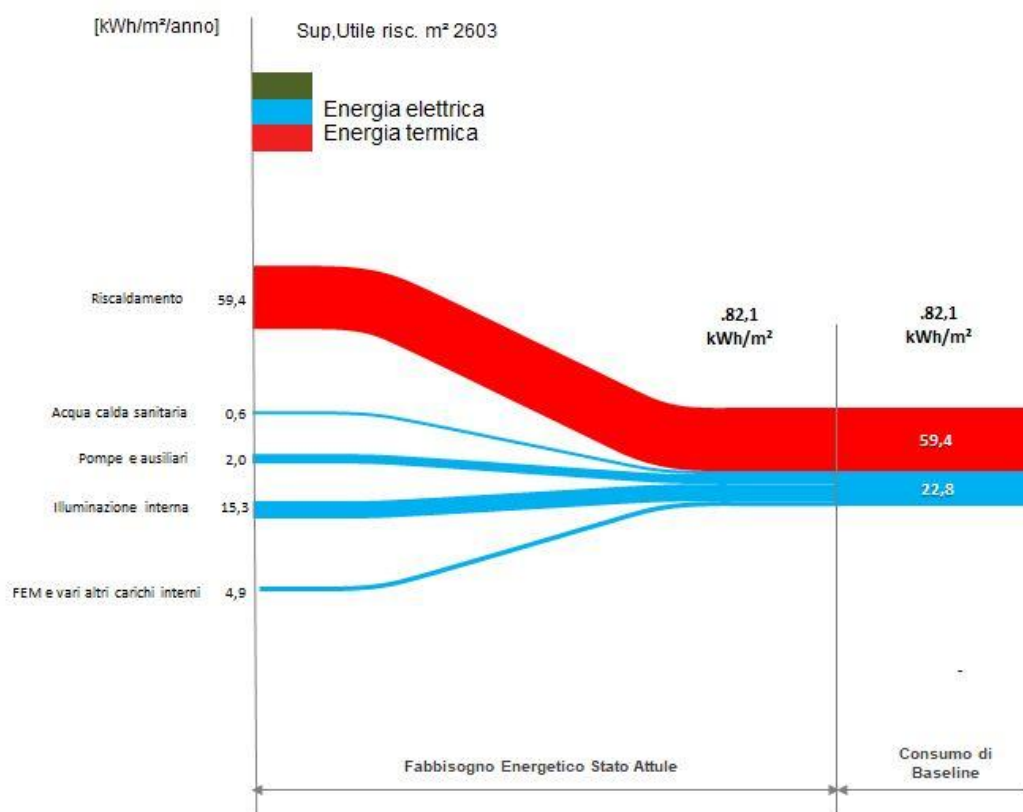
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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

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

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



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

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

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

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

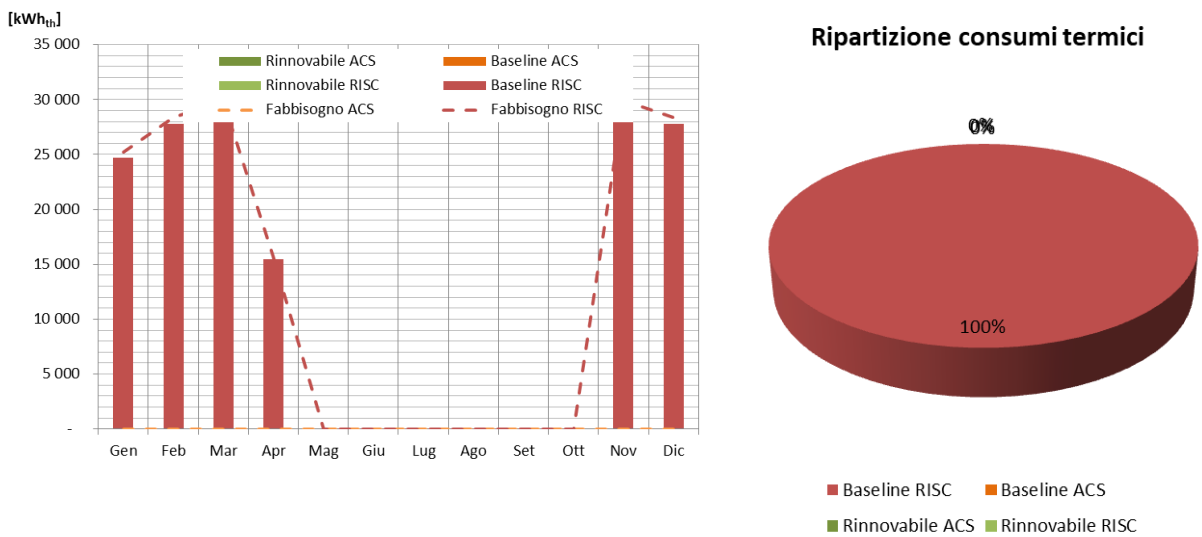
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



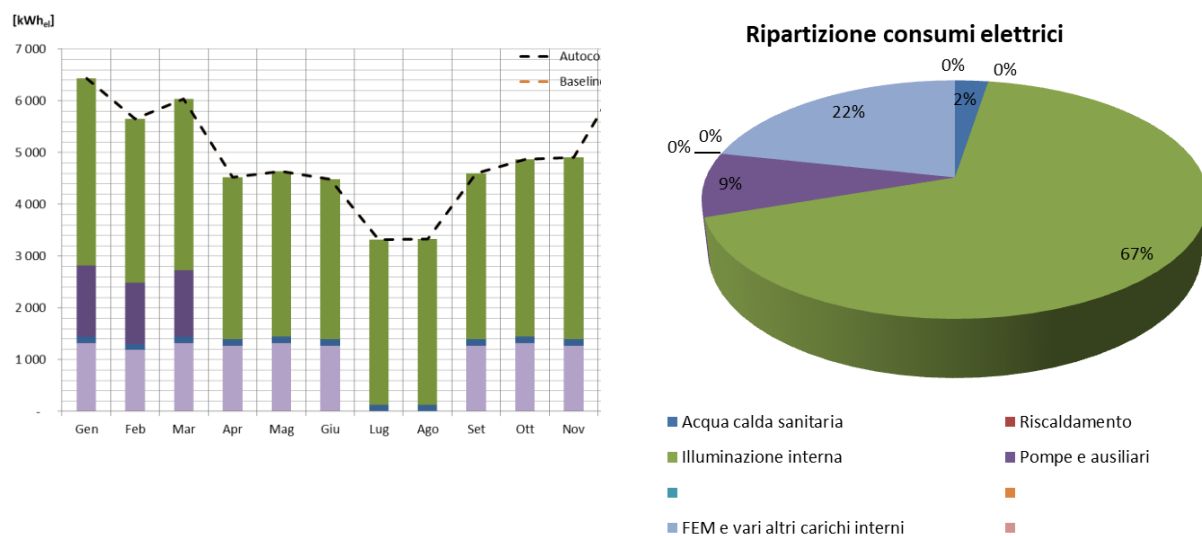
Si può notare come la totalità parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti impiantistici e dell'involucro deputati a tale scopo.

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 11.289 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.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270037009266: 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.

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 indicato:

- POD 1 – IT001E00096849: 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 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00096849	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA ANTONIO GIANUE 4, GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA VIA DI FRANCIA 1 16124 GENOVA	COMUNE DI GENOVA VIA DI FRANCIA 1 16124 GENOVA	COMUNE DI GENOVA VIA DI FRANCIA 1 16124 GENOVA	COMUNE DI GENOVA VIA DI FRANCIA 1 16124 GENOVA	COMUNE DI GENOVA VIA DI FRANCIA 1 16124 GENOVA
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	EDISON ENERGIA SPA	GALA	GALA	IREN MERCATO SPA
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	33 kW	33 kW	33 kW	33 kW	33 kW
Potenza elettrica disponibile	33 kW	33 kW	33 kW	33 kW	33 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⁾	0,07491 €/kwh	0,07432 €/kwh	0,03600 €/kwh	0,04364 €/kwh	0,04868 €/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 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

POD: IT001E00096 849	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	460	65	526	76	248	1.376	6.095	0,226
Feb – 14	437	67	536	72	244	1.356	5.732	0,237
Mar – 14	426	67	532	71	241	1.336	5.679	0,235
Apr – 14	380	81	497	64	225	1.248	5.132	0,243
Mag – 14	349	73	455	59	206	1.142	4.695	0,243
Giu – 14	242	52	333	41	147	815	3.261	0,250
Lug – 14	140	28	183	24	82	457	1.925	0,237
Ago – 14	101	21	144	18	62	346	1.428	0,242
Set – 14	266	52	360	44	159	882	3.552	0,248
Ott – 14	399	70	517	66	231	1.282	5.261	0,244
Nov – 14	383	67	505	63	224	1.242	5.066	0,245
Dic – 14	391	78	525	66	-	1.060	5.294	0,200
Totale	3.974	721	5.113	664	2.070	12.542	53.120	0,236
POD: IT001E00096 849	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Gen – 15	488	78	607	82	126	1.381	6.593	0,210
Feb – 15	482	77	599	81	124	1.364	6.479	0,210
Mar – 15	523	84	641	88	134	1.470	7.032	0,209
Apr – 15	249	68	497	75	89	977	5.972	0,164
Mag – 15	246	69	521	77	91	1.005	6.147	0,163
Giu – 15	187	55	421	61	72	796	4.850	0,164
Lug – 15	122	37	292	41	49	541	3.248	0,167
Ago – 15	106	32	270	35	44	487	2.820	0,173
Set – 15	182	54	422	60	72	791	4.808	0,165
Ott – 15	212	76	605	84	98	1.075	6.732	0,160
Nov – 15	187	69	552	76	88	972	6.068	0,160
Dic – 15	155	57	471	64	75	821	5.080	0,162
Totale	3.140	756	5.898	823	1.062	11.679	65.829	0,177
POD: IT001E00096 849	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Gen – 16	303	59	537	71	97	1.067	5.680	0,188
Feb – 16	256	65	582	79	98	1.080	6.299	0,171

E1137 – Scuola elementare “D. Alighieri” e Scuola materna “J. Bonfieni”

Mar – 16	208	57	528	70	86	950	5.591	0,170
Apr – 16	159	80	472	61	77	848	4.851	0,175
Mag – 16	183	83	450	63	78	857	5.054	0,170
Giu – 16	134	55	341	43	57	630	3.422	0,184
Lug – 16	87	41	247	24	40	440	1.942	0,226
Ago – 16	74	42	249	25	39	429	1.961	0,219
Set – 16	158	74	361	43	64	699	3.416	0,205
Ott – 16	286	79	477	61	90	993	4.878	0,204
Nov – 16	370	89	533	70	106	1.169	5.599	0,209
Dic – 16	309	79	489	63	94	1.033	5.027	0,206
Totale	2.526	803	5.266	672	927	10.193	53.720	0,190

Nel grafico in Figura 7.1 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 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

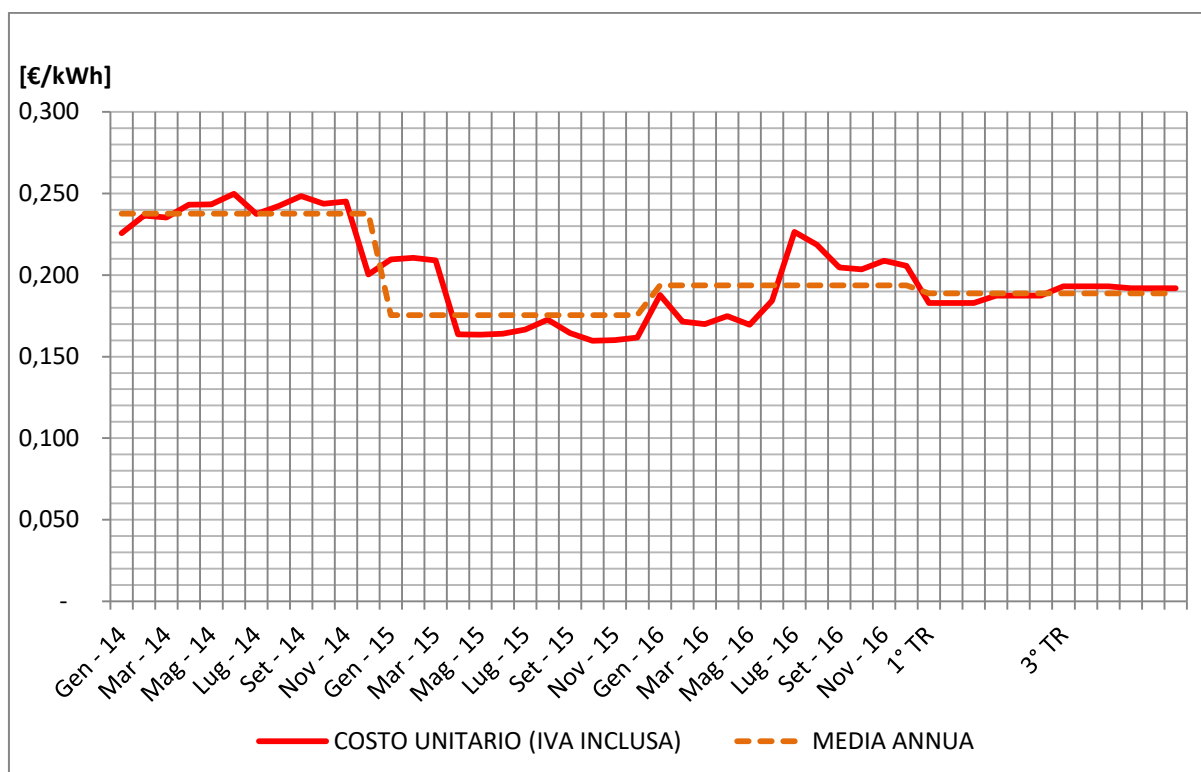
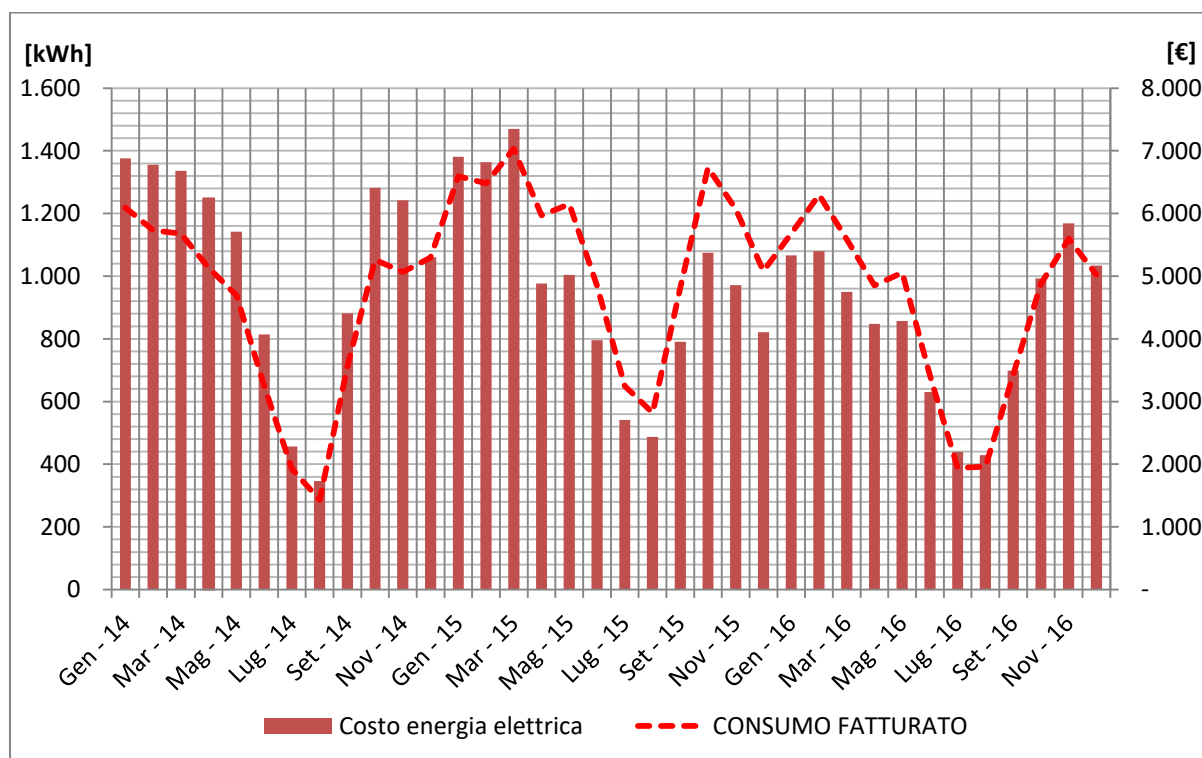


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	53.120	12.542	0,236	n.d.
2015	n.d.	n.d.	n.d.	65.829	11.679	0,177	n.d.
2016	n.d.	n.d.	n.d.	53.720	10.193	0,190	n.d.
2017	n.d.	n.d.	0,0792	n.d.	n.d.	0,188	n.d.
Media	n.d.	n.d.	n.d.	55.556	11.471	0,198	n.d.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C _{uQ}	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C _{uEE}	0,222 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-093: 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 27.136,31€.

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM_o 16.491	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 4.384	[€/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:

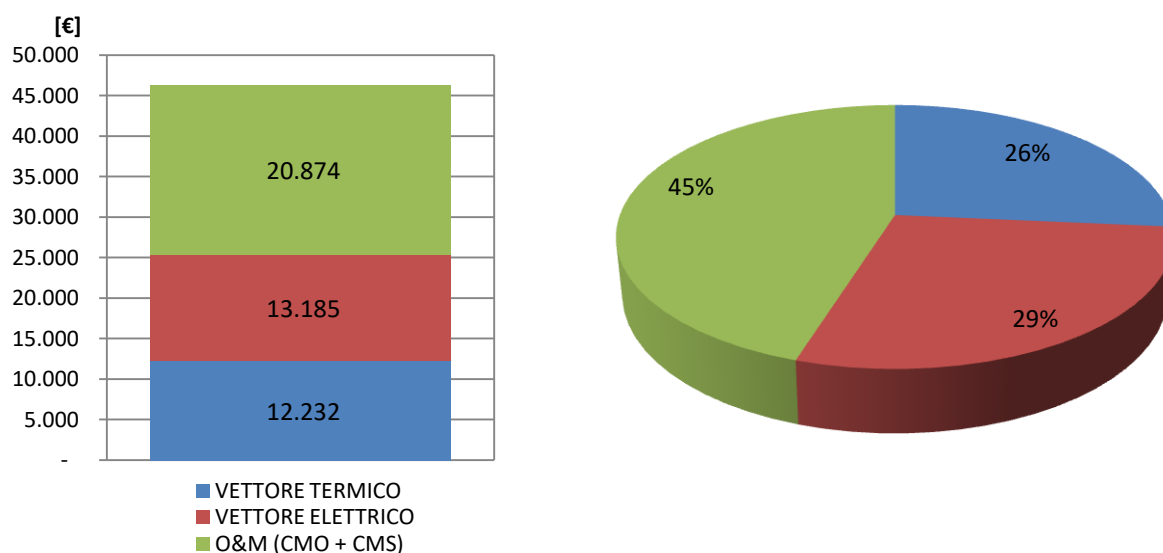
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 25 417 e un $C_{baseline}$ pari a € 46 291

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
154 507	0,079	12 232	59 324	0,222	13 185	20 874	16 491	4 384	46 291

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Cappotto interno

Generalità

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

Figura 8.1 – Particolare termografia parete



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

L'intervento può generare una riduzione del fabbisogno termico complessivo compreso fra il 25 ed il 35%.

Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Essendo l'edificio soggetto a verifica per vincolo storico-artistico, è necessaria l'applicazione di pannelli all'interno dello spazio riscaldato che non alterino le caratteristiche architettoniche dell'edificio, previa approvazione dell'intervento da parte della Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici.

Questo intervento consente di ottenere una notevole riduzione delle dispersioni termiche e un'attenuazione dei ponti termici.

Descrizione dei lavori

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

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

Prestazioni raggiungibili

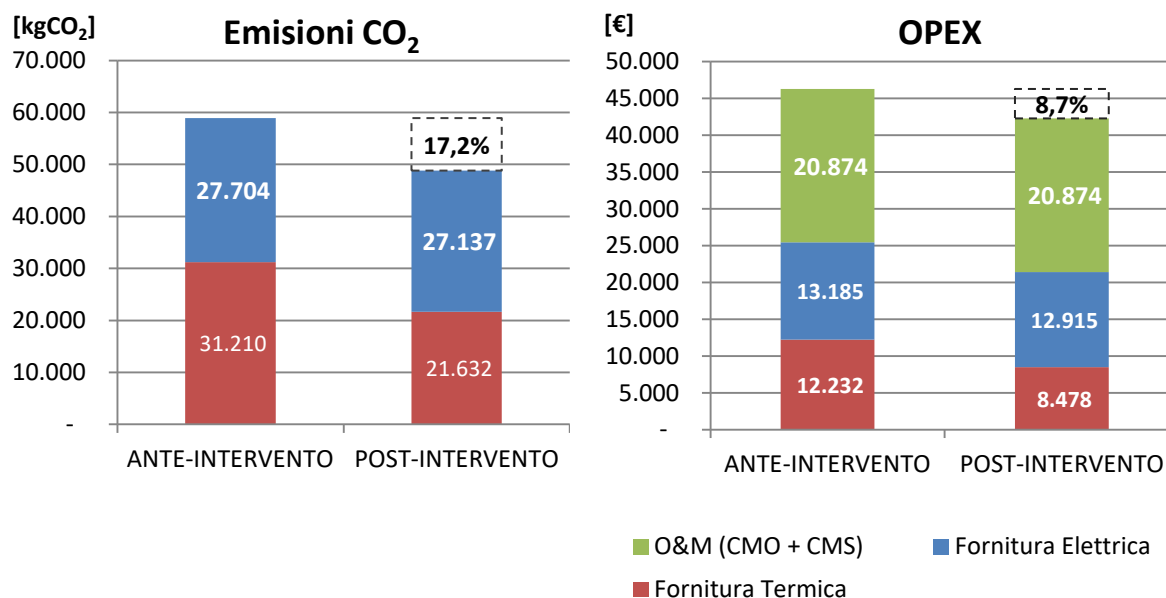
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – CAPPOTTO INTERNO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,54	0,26	83,1%
Q _{teorico}	[kWh]	157 441	109 125	30,7%
EE _{teorico}	[kWh]	59 224	58 012	2,0%
Q _{baseline}	[kWh]	154 507	107 091	30,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	59 324	58 110	2,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31 210	21 632	30,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 704	27 137	2,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58 915	48 770	17,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12 232	8 478	30,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13 185	12 915	2,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25 417	21 393	15,8%
C _{MO}	[€]	16 491	16 491	0,0%
C _{MS}	[€]	4 384	4 384	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	20 874	20 874	0,0%
OPEX	[€]	46 291	42 268	8,7%
Classe energetica	[-]	E	E	-

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

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

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

8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Caldaia modulare 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 8.3 – Particolare generatore di calore esistente



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 EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

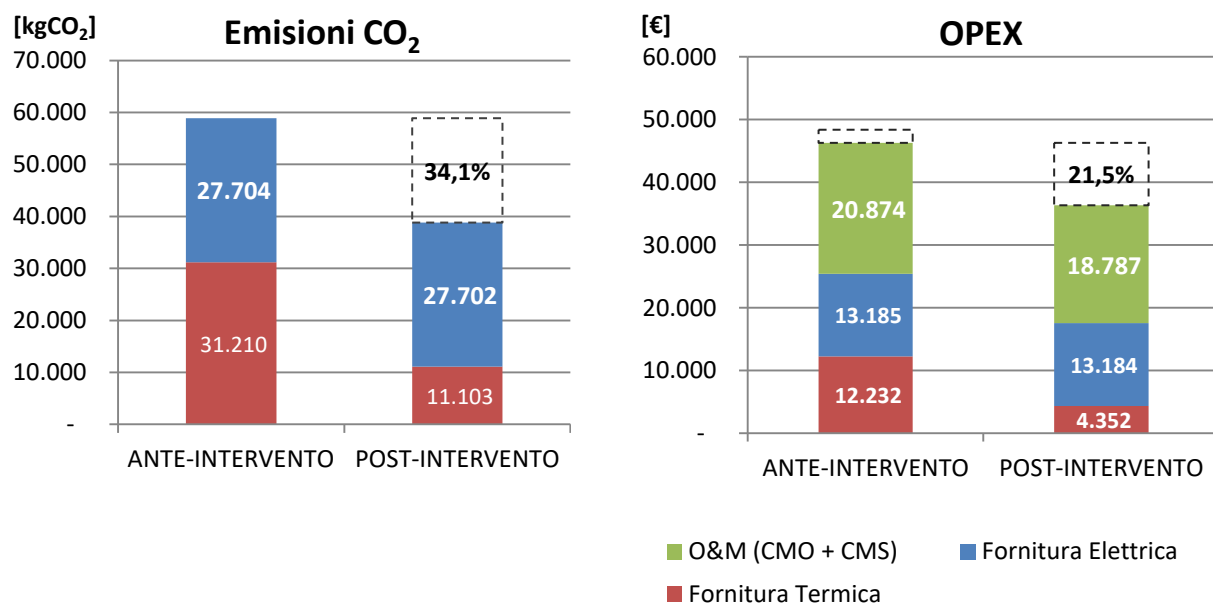
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 - Rendimento generatore	[-]	94,5	107	13,2%
Q _{teorico}	[kWh]	157 441	56 011	64,4%
EE _{teorico}	[kWh]	59 224	59 220	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	154 507	54 967	64,4%
EE _{baseline}	[kWh]	59 324	59 320	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31 210	11 103	64,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 704	27 702	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58 915	38 806	34,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12 232	4 352	64,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13 185	13 184	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25 417	17 536	31,0%
C _{MO}	[€]	16 491	14 841	10,0%
C _{MS}	[€]	4 384	3 945	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	20 874	18 787	10,0%
OPEX	[€]	46 291	36 322	21,5%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 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.

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 8.4 – EEM2 - SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE : Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM3: Valvole termostatiche

Generalità

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

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

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

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

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

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

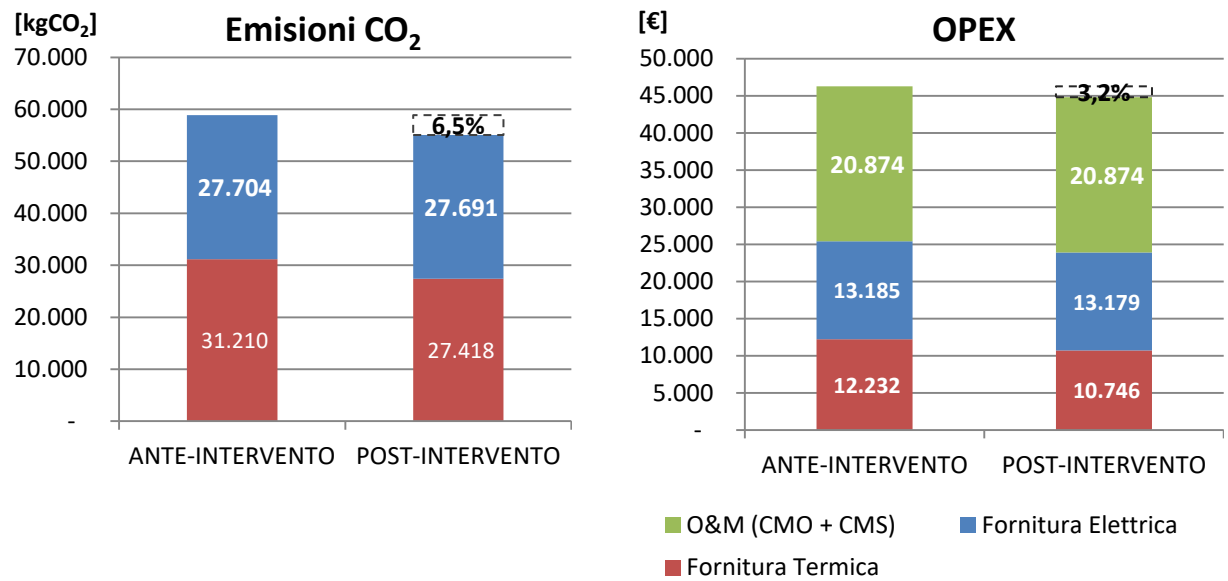
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	66	99	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	157 441	138 312	12,2%
EE _{teorico}	[kWh]	59 224	59 196	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	154 507	135 734	12,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	59 324	59 296	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31 210	27 418	12,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 704	27 691	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58 915	55 109	6,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12 232	10 746	12,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13 185	13 179	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25 417	23 925	5,9%
C _{MO}	[€]	16 491	16 491	0,0%
C _{MS}	[€]	4 384	4 384	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	20 874	20 874	0,0%
OPEX	[€]	46 291	44 799	3,2%
Classe energetica	[-]	E	E	-

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

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

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



EEM4: 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 8.7 – 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 8.4 e nella Figura 8.8.

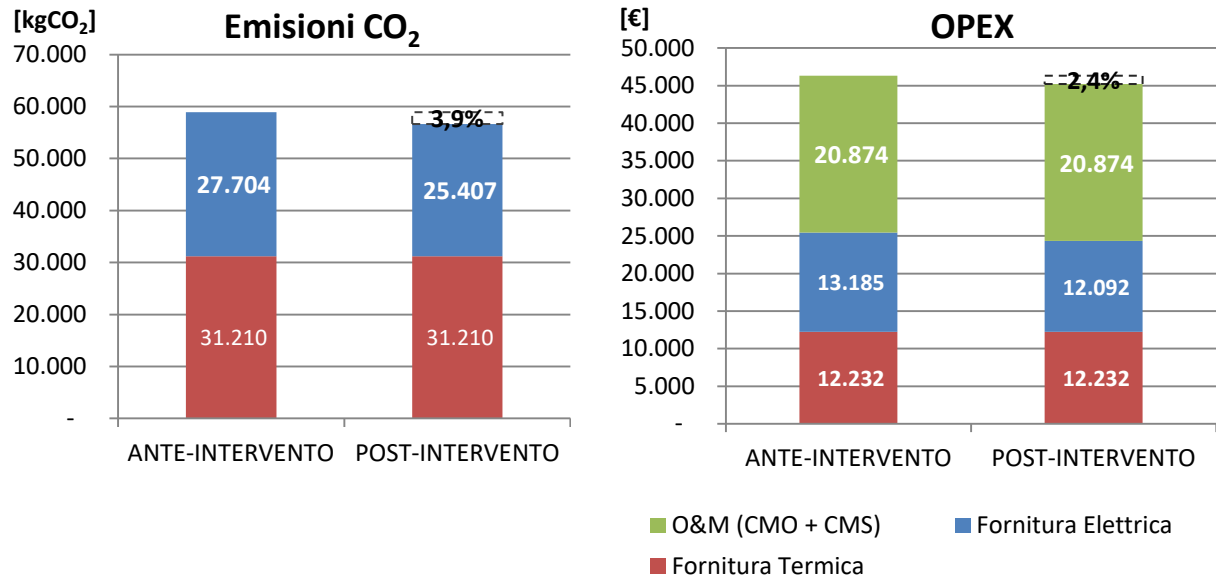
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione pompa inverter

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 - Potenza installata	[W]	1700	350	79,4%
Q _{teorico}	[kWh]	157 441	157 441	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	59 224	54 313	8,3%
Q _{baseline}	[kWh]	154 507	154 507	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	59 324	54 405	8,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31 210	31 210	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 704	25 407	8,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58 915	56 617	3,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12 232	12 232	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13 185	12 092	8,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25 417	24 324	4,3%
C _{MO}	[€]	16 491	16 491	0,0%
C _{MS}	[€]	4 384	4 384	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	20 874	20 874	0,0%
OPEX	[€]	46 291	45 198	2,4%
Classe energetica	[-]	E	E	-

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

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

Figura 8.8 – EEM4 – INSTALLAZIONE POMPA INVERTE : 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 interno

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

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

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – CAPPOTTO INTERNO

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/mq]	[€]	[€]	[€]
Fornitura di pannello in lana di roccia 10cm	Liguria 2017	1500	€/mq	14,337	21 505,50 €	4 731,21 €	26 236,71 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	1500	€/mq	4,221	6 331,50 €	1 392,93 €	7 724,43 €
Intonaco interno	Liguria 2017	1500	€/mq	8,874	13 311,00 €	2 928,42 €	16 239,42 €
Tinteggiatura	Liguria 2017	1500	€/mq	5,562	8 343,00 €	1 835,46 €	10 178,46 €
Costi per la sicurezza				3%	1 484,73 €	326,64 €	1 811,37 €
Costi per la progettazione				7%	3 464,37 €	762,16 €	4 226,53 €
TOTALE (I₀)					54 440,10 €	11 976,82 €	66 416,92 €
Incentivi	[Conto termico]						26 566,77 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							5 313,35 €

EEM2: Generatore di calore a condensazione

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, 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 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – GENERATORE A CONDENSAZIONE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/mq]	[€]	[€]	[€]
Rimozione vecchio generatore	CCIAA RE	1	cad	3660,525	3 660,53 €	805,32 €	4 465,84 €
Posa in opera di caldaia a condensazione	Liguria 2017	4	cad	299,196	1 196,78 €	263,29 €	1 460,08 €
Caldaia a condensazione da 150 kW	Liguria 2017	4	cad	8027,325	32 109,30 €	7 064,05 €	39 173,35 €
Costi per la sicurezza				3%	1 109,00 €	243,98 €	1 352,98 €
Costi per la progettazione				7%	2 587,66 €	569,29 €	3 156,95 €
TOTALE (I₀)					40 663,27 €	8 945,92 €	49 609,19 €
Incentivi	[Conto termico]						19 843,68 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							3 968,74 €

EEM3: Installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – VALVOLE TERMOSTATICHE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€]	[€]	[€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	108	cad	37,233	4 021,16 €	884,66 €	4 905,82 €
Costi per la sicurezza				3%	120,63 €	26,54 €	147,17 €
Costi per la progettazione				7%	281,48 €	61,93 €	343,41 €
TOTALE (I₀)					4 423,28 €	973,12 €	5 396,40 €

EEM4: Installazione di circolatore gemellare con inverter

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di un circolatore elettronico gemellare a giri variabili.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – POMPA INVERTER

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€]	[€]	[€]
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 interno

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 66 417
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 5 313
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 15,5	8,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA 24,4	12,6
Valore attuale netto	VAN 7 877	31 531
Tasso interno di rendimento	TIR 5,0%	9,0%
Indice di profitto	IP 0,12	0,47

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

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

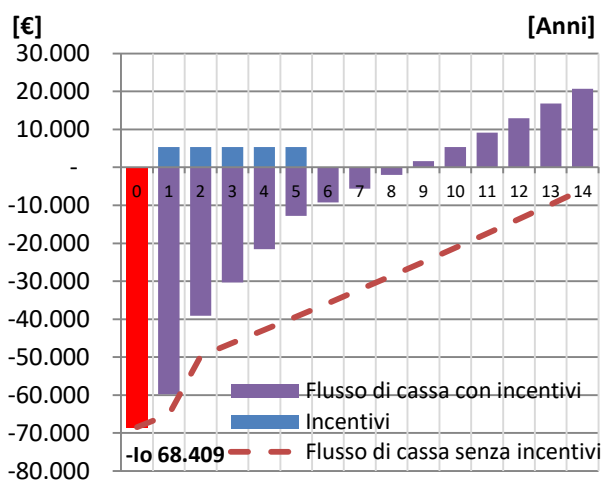
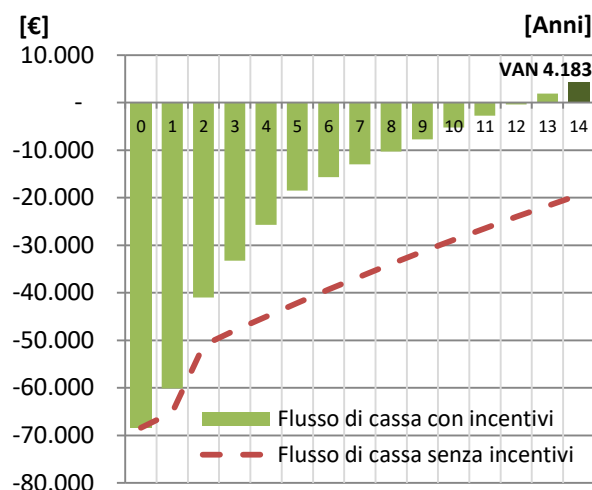


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente, seppur con un indice di profitto basso, con e senza gli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM2: Generatore a condensazione

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– GENERATORE A CONDENSAZIONE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 49 609
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 3 969
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	5,0 / 3,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,8 / 3,8
Valore attuale netto	VAN	50 047 / 67 715
Tasso interno di rendimento	TIR	17,3% / 23,7%
Indice di profitto	IP	1,01 / 1,36

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

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

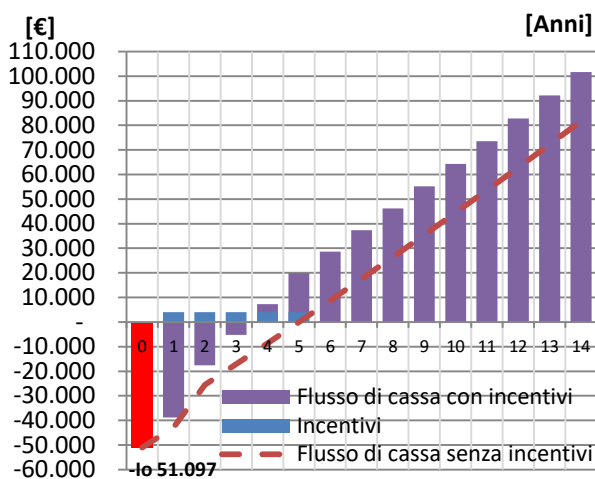
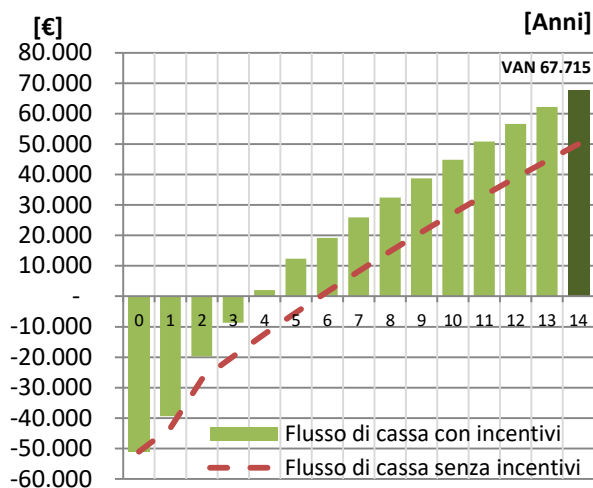


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM3: VALVOLE TERMOSTATICHE

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 5 396
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	3,7 -
Tempo di rientro attualizzato	TRa	4,2 -
Valore attuale netto	VAN	9 386 -
Tasso interno di rendimento	TIR	25,0% -
Indice di profitto	IP	1,74 -

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

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

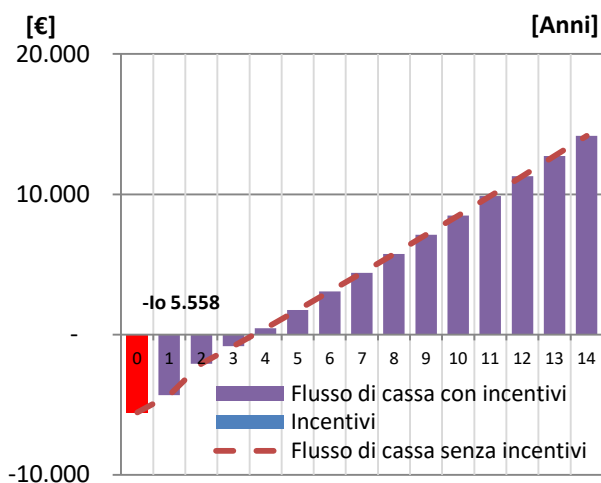
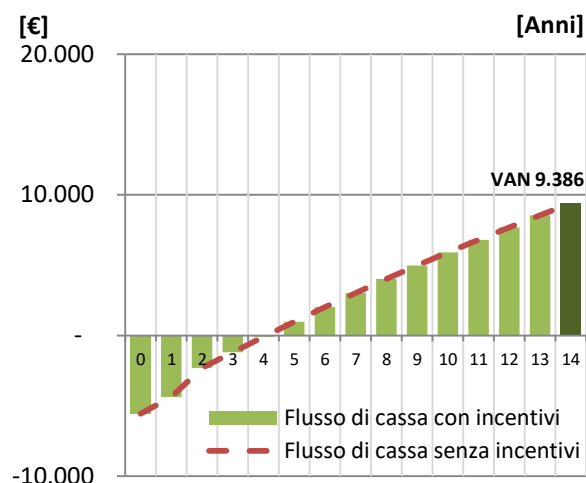


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM4: POMPA INVERTER

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – 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}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,9 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,5 -
Valore attuale netto	VAN	6 596 -
Tasso interno di rendimento	TIR	23,0% -
Indice di profitto	IP	1,54 -

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

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

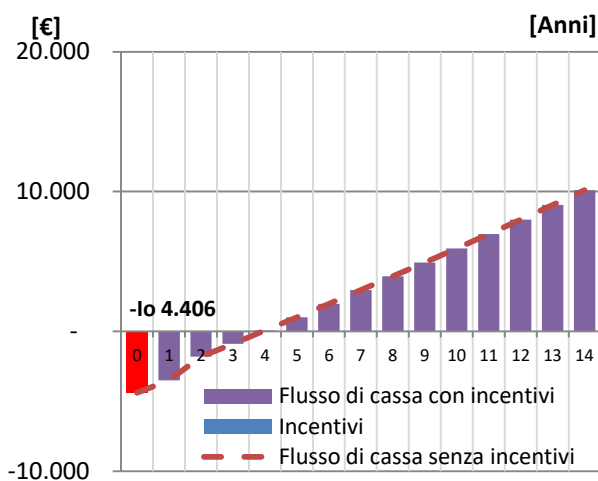
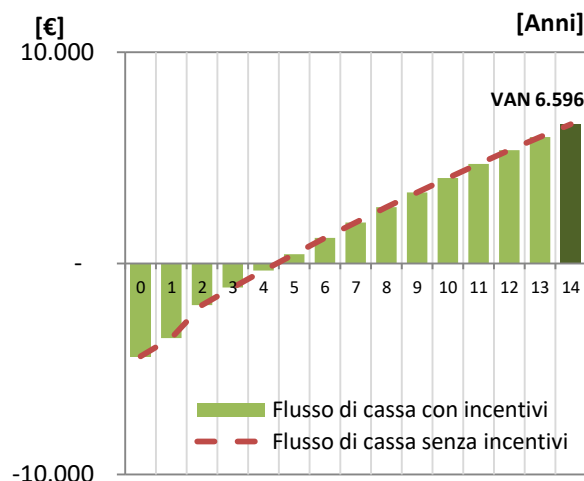


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	17,2	17,2	4 023	-	-	66 417	15,5	24,4	30	7 877	5,0	0,12
EEM 2	34,1	34,1	7 881	1 649	438	49 609	5,0	3,8	15	50 047	17,3	1,01
EEM 3	6,5	6,5	1 493	-	-	5 396	3,7	4,2	15	9 386	25,0	1,74
EEM 4	3,9	3,9	1 093	-	-	4 277	3,9	4,5	15	6 596	23,0	1,54

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

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

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

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

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	17,2	17,2	4 023	-	-	66 417	8,8	12,6	30	31 531	9,0	0,47
EEM 2	34,1	34,1	7 881	1 649	438	49 609	3,5	3,8	15	67 715	23,7	1,36
EEM 3	6,5	6,5	1 493	-	-	5 396	3,7	4,2	15	9 386	25,0	1,74
EEM 4	3,9	3,9	1 093	-	-	4 277	3,9	4,5	15	6 596	23,0	1,54

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

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

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposti, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del 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 n-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 (EEM2), l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM3) e la sostituzione dell'attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili (EEM4).
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione del cappotto interno (EEM1) con la sostituzione del generatore di calore (EEM2) e l'installazione di valvole termostatiche (EEM3).

9.3.1 Scenario 1: IMPIANTO TERMICO

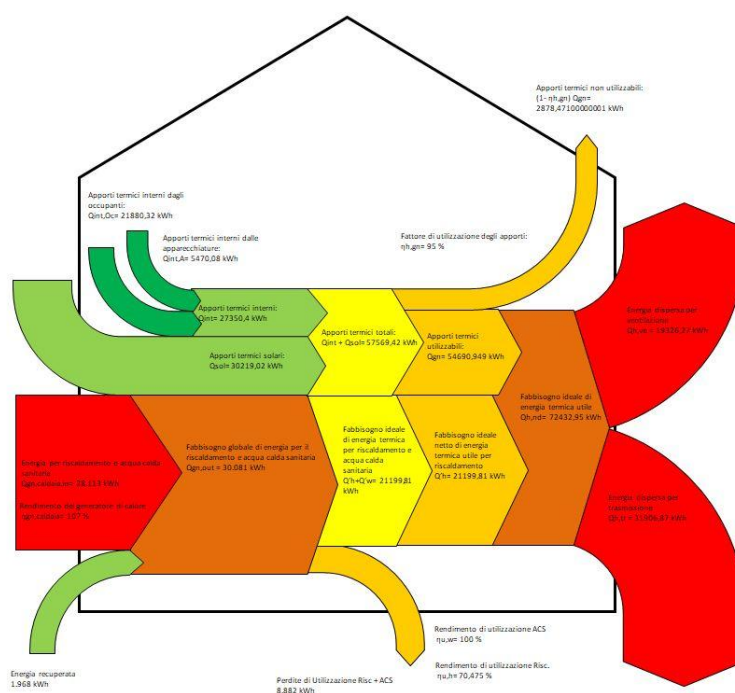
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 Fornitura & Posa	36 966,61 €	8 132,65 €	45 099,26 €
EEM3 Fornitura & Posa	4 021,16 €	884,66 €	4 905,82 €
EEM4 Fornitura & Posa	3 187,31 €	701,21 €	3 888,52 €
Costi per la sicurezza	1 325,25 €	291,56 €	1 616,81 €
Costi per la progettazione	3 092,26 €	680,30 €	3 772,55 €
TOTALE (I₀)	48 592,60 €	10 690,37 €	59 282,97 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 O&M	14 841,48 €	3 945,20 €	18 786,68 €
EEM3 O&M	16 490,53 €	4 383,56 €	20 874,09 €
EEM4 O&M	16 490,53 €	4 383,56 €	20 874,09 €
TOTALE (C_M)	14 841,48 €	3 945,20 €	18 786,68 €
EEM2 O&M	14 841,48 €	3 945,20 €	18 786,68 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	23 713,19 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		4 742,64 €	

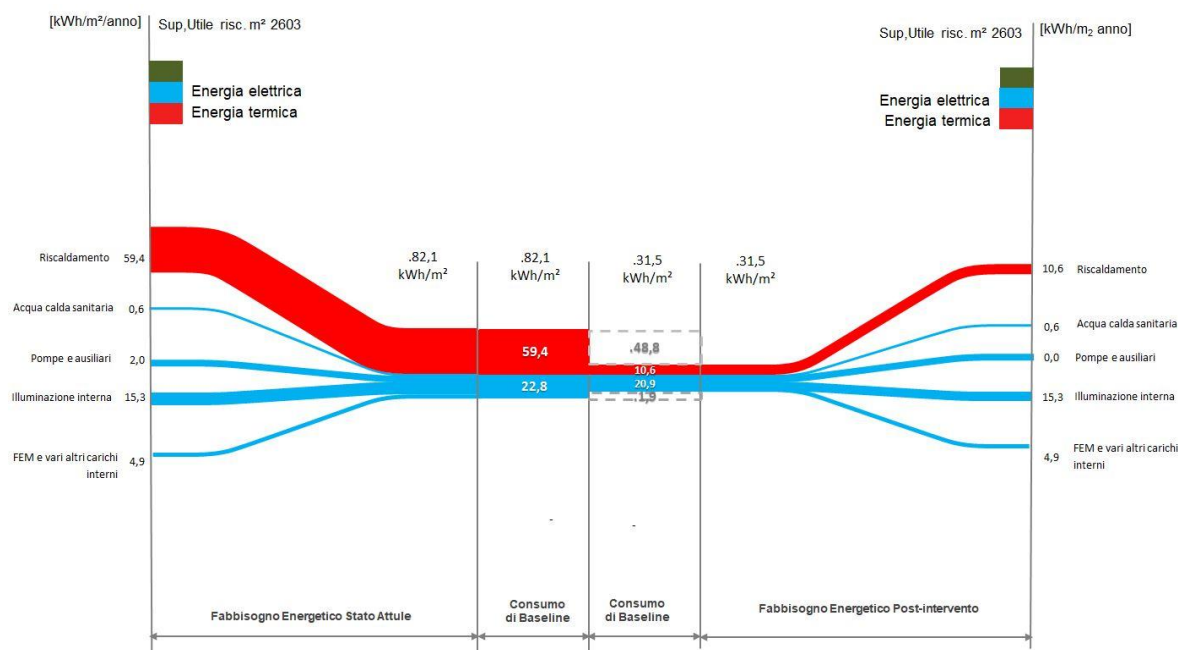
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



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

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



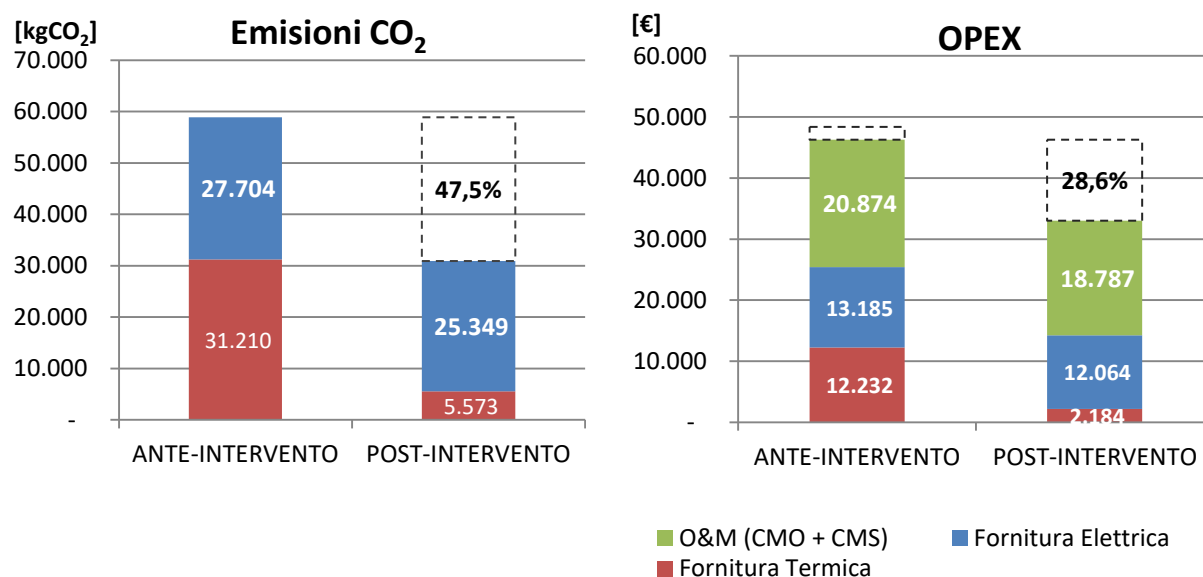
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11.

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Rendimento generatore	[-]	94,5	107	13,2%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	66	99	50,0%
EM4 - Potenza installata	[W]	1700	350	79,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	157 441	28 113	82,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59 224	54 189	8,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	154 507	27 589	82,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	59 324	54 280	8,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31 210	5 573	82,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 704	25 349	8,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58 915	30 922	47,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12 232	2 184	82,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13 185	12 064	8,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25 417	14 248	43,9%
C_{MO}	[€]	16 491	14 841	10,0%
C_{MS}	[€]	4 384	3 945	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	20 874	18 787	10,0%
OPEX	[€]	46 291	33 035	28,6%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

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

Figura 9.11 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	n_i		1
Anni Gestione Servizio	n_s		14
Anni Concessione	n		15
Anno inizio Concessione	n_o		2020
Anni dell'ammortamento	n_A		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}		2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$		4,00%
Inflazione ISTAT	f		0,50%
deriva dell'inflazione	f'		0,70%
%, interessi debito	k_D		3,82%
%, interessi equity	k_E		9,00%
Aliquota IRES	IRES		24,0%
Aliquota IRAP	IRAP		3,9%
Aliquota fiscale	τ		27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D		10
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€	59 283
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	1 778
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	61 061
%CAPEX a Debito	D		80,0%

E1137 – Scuola elementare “D. Alighieri” e Scuola materna “J. Bonfieni”

%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 48 849
Equity	I _E	€ 12 212
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q _D	€ 5 884
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 58 842
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 9 992

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 20 834
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 14 904
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{baseline}	€ 35 738
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	43,9%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{baseline}	10,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 9 010
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 3 574
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 111 141
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 12 727
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	64,63%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 2 819
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 714
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 1 904
Canone O&M €/anno	CnM	€ 13 928
Canone Energia €/anno	CnE	€ 12 800
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 26 728
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 5 437
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 32 164
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 10 690
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 23 713
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

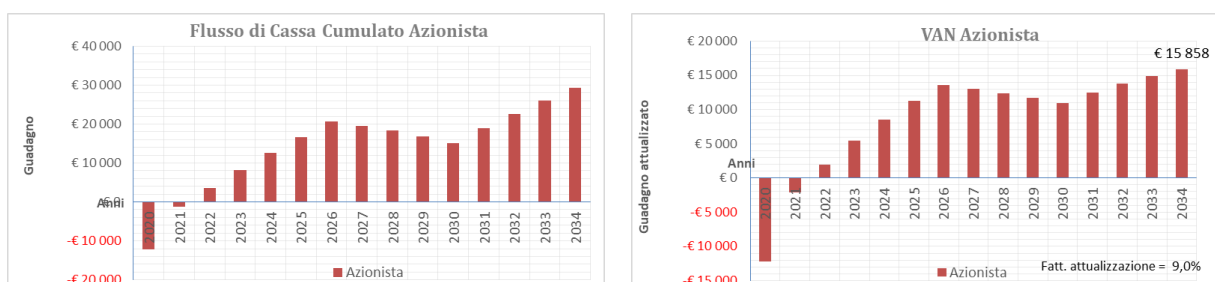
INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	5,93
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,66
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 28 435
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	13,03%
Indice di Profitto	IP	47,97%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	2,10
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,33

Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 21 450
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	60,32%
Debit Service Cover Ratio	DSCR > 1,3	1,468
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,548
Indice di Profitto Azionista	IP	36,18%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

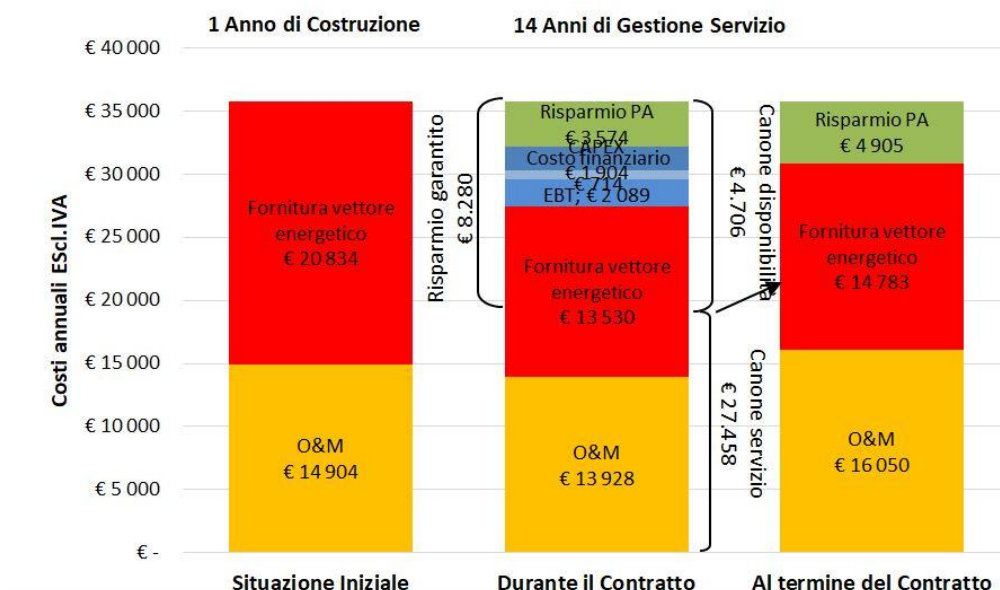


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.4.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO

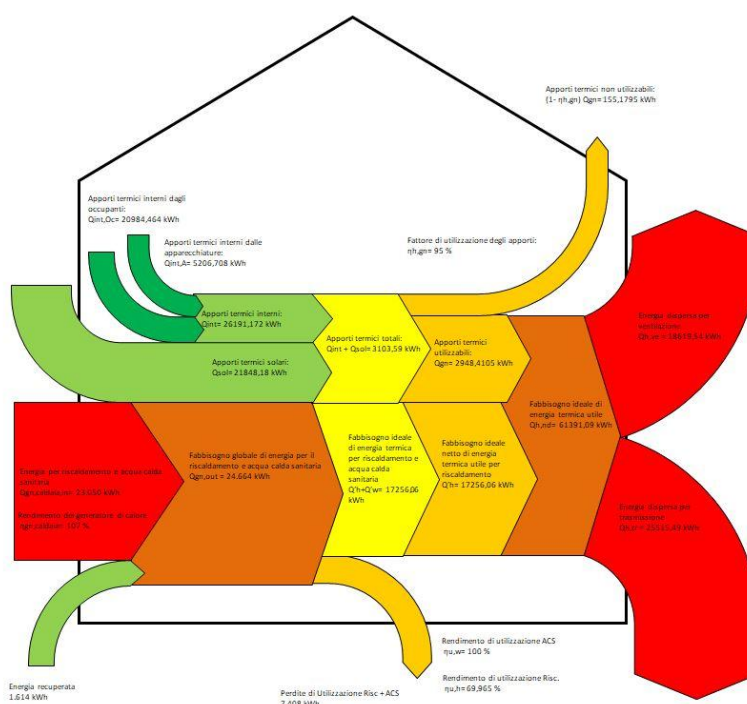
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	49 491,00 €	10 888,02 €	60 379,02 €
EEM2 Fornitura & Posa	36 966,61 €	8 132,65 €	45 099,26 €
EEM3 Fornitura & Posa	4 021,16 €	884,66 €	4 905,82 €
Costi per la sicurezza	2 714,36 €	597,16 €	3 311,52 €
Costi per la progettazione	6 333,51 €	1 393,37 €	7 726,89 €
TOTALE (I₀)	99 526,65 €	21 895,86 €	121 422,51 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	11 774,24 €	3 129,86 €	14 904,10 €
EEM2 O&M	10 596,81 €	2 816,87 €	13 413,69 €
EEM3 O&M	11 774,24 €	3 129,86 €	14 904,10 €
TOTALE (C_M)	10 596,81 €	2 816,87 €	13 413,69 €
EEM1 O&M	11 774,24 €	3 129,86 €	14 904,10 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	60 711,26 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		12 142,25 €	

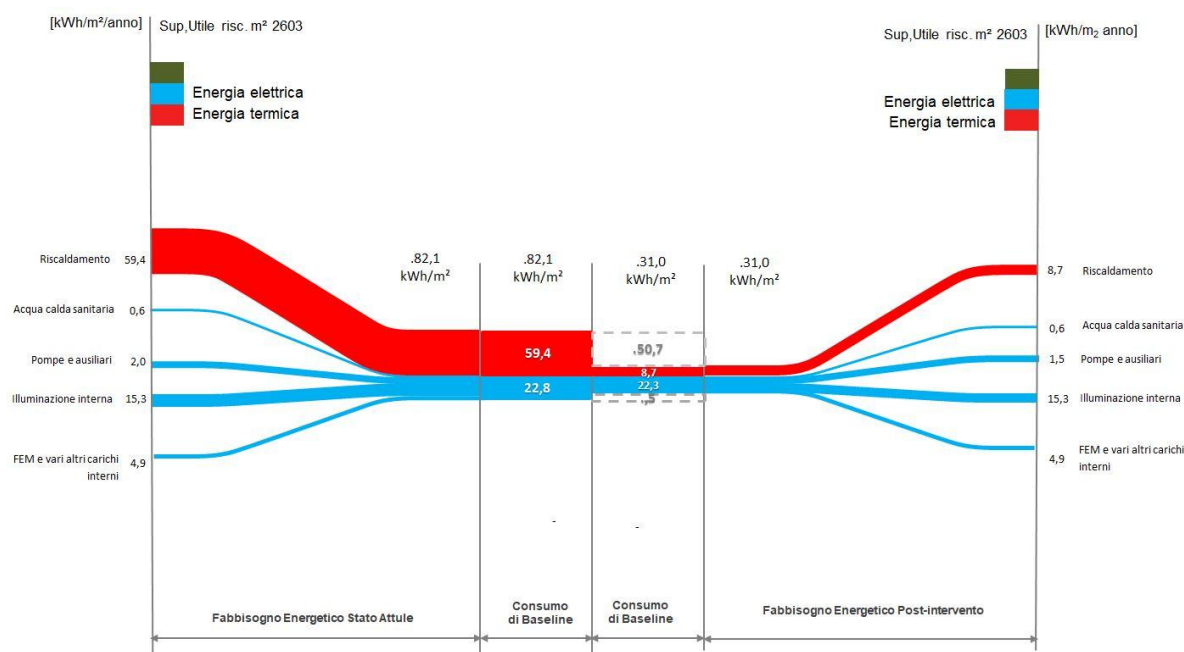
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



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

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



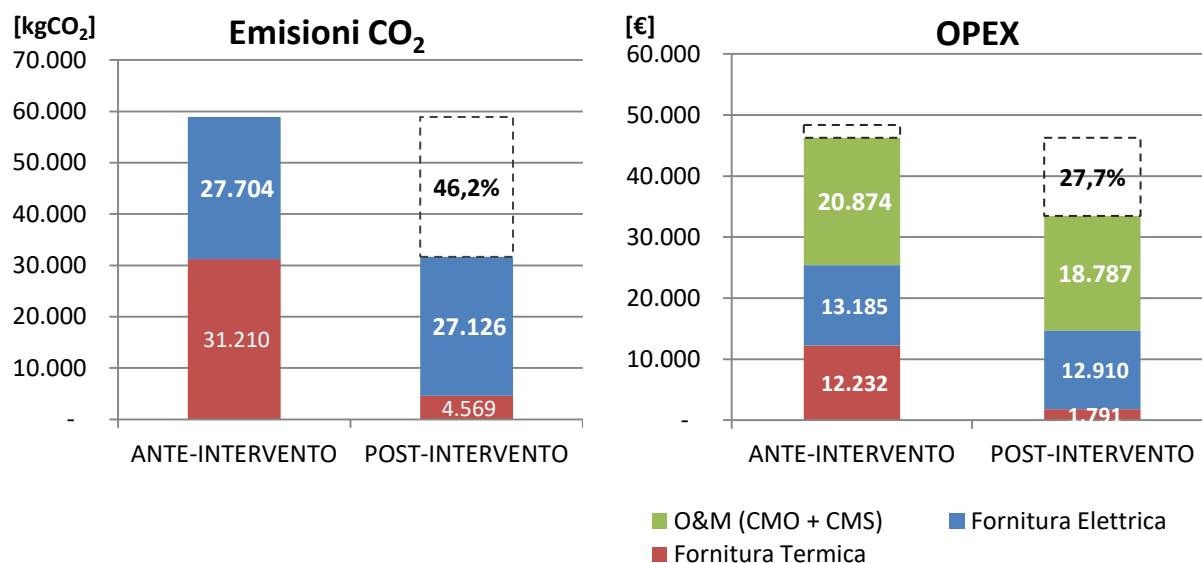
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.17

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,54	0,26	83,1%
EEM2 - Rendimento generatore	[-]	94,5	107	13,2%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	66	99	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	157 441	23 050	85,4%
EE _{teorico}	[kWh]	59 224	57 988	2,1%
Q _{baseline}	[kWh]	154 507	22 621	85,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	59 324	58 086	2,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31 210	4 569	85,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 704	27 126	2,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58 915	31 695	46,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12 232	1 791	85,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13 185	12 910	2,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25 417	14 701	42,2%
C _{MO}	[€]	16 491	14 841	10,0%
C _{MS}	[€]	4 384	3 945	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	20 874	18 787	10,0%
OPEX	[€]	46 291	33 487	27,7%
Classe energetica	[-]	F	C	+3 classi

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

Figura 9.17 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	2
Anni Gestione Servizio	n_s	23
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	15
Anni Equity	n_E	23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 121 423
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3 643
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 125 065
%CAPEX a Debito	D	80,0%

E1137 – Scuola elementare “D. Alighieri” e Scuola materna “J. Bonfieni”

%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 100 052
Equity	I _E	€ 25 013
Fattore di annualità Debito	FA _D	11,41
Rata annua debito	q _D	€ 8 771
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 131 572
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 31 519

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 20 834
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 14 904
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{baseline}	€ 35 738
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	42,2%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{baseline}	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 7 305
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1 787
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 187 938
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 13 867
N° di Canoni annuali	anni	23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	42,34%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 2 302
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 1 370
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 1 846
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 14 320
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 14 113
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C _{nS}	€ 28 433
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C _{nD}	€ 5 518
Canone Totale €/anno IVA escl.	C _n	€ 33 951
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 21 896
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 60 711
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2023

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	7,86
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	11,19
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 32 143
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	8,02%
Indice di Profitto	IP	26,47%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	3,34
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,73

Valore Attuale Netto, VAN = VA - I _o	VAN > 0	€ 25 152
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	39,23%
Debit Service Cover Ratio	DSCR > 1,3	1,310
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,011
Indice di Profitto Azionista	IP	20,71%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

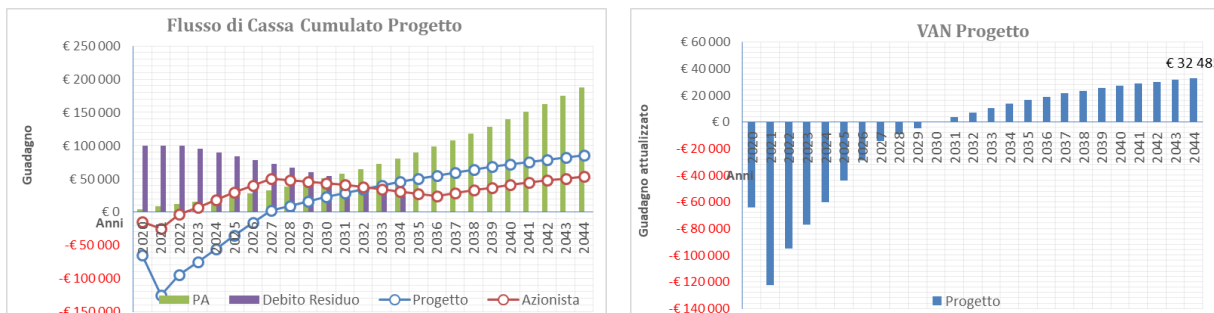
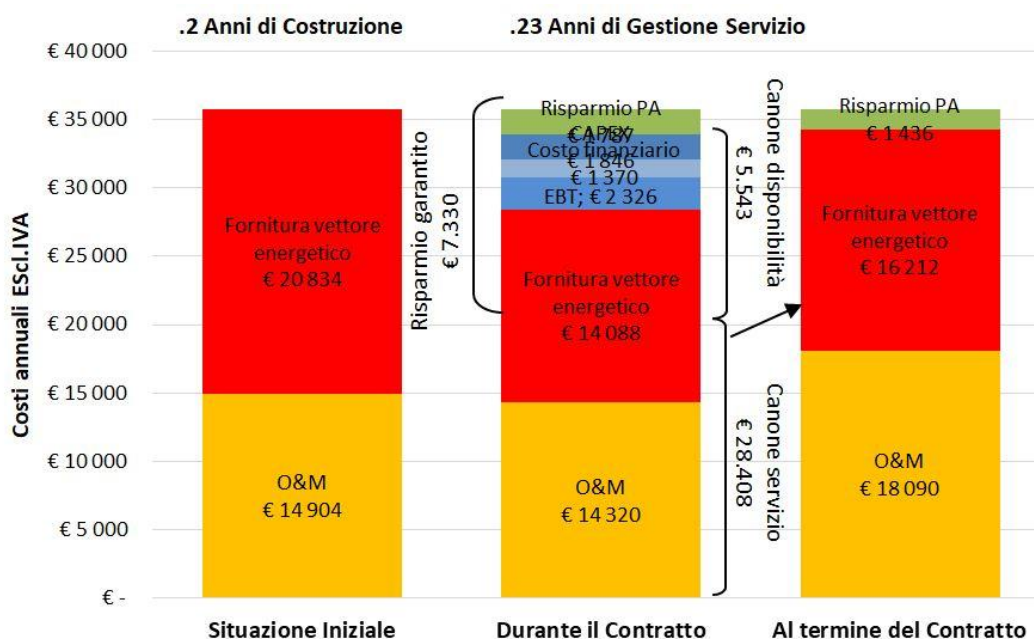


Figura 9.19– SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.20.

Figura 9.20 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

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

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore con uno modulare a condensazione (EEM2), l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM3) e la sostituzione dell'attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili (EEM4).
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione del cappotto interno (EEM1) con la sostituzione del generatore di calore (EEM2) e l'installazione di valvole termostatiche (EEM3).

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Rendimento generatore	[-]	94,5	107	13,2%
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	66	99	50,0%
EM4 - Potenza installata	[W]	1700	350	79,4%
Q _{teorico}	[kWh]	157.441	28.113	82,1%
EE _{teorico}	[kWh]	59.224	54.189	8,5%
Q _{baseline}	[kWh]	154.507	27.589	82,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	59.324	54.280	8,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.210	5.573	82,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.704	25.349	8,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.915	30.922	47,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.232	2.184	82,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.185	12.064	8,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.417	14.248	43,9%
C _{MO}	[€]	16.491	14.841	10,0%
C _{MS}	[€]	4.384	3.945	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	20.874	18.787	10,0%
OPEX	[€]	46.291	33.035	28,6%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,54	0,26	83,1%
EEM2 - Rendimento generatore	[-]	94,5	107	13,2%

EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	66	99	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	157.441	23.050	85,4%
EE _{teorico}	[kWh]	59.224	57.988	2,1%
Q _{baseline}	[kWh]	154.507	22.621	85,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	59.324	58.086	2,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.210	4.569	85,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.704	27.126	2,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.915	31.695	46,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.232	1.791	85,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.185	12.910	2,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.417	14.701	42,2%
C _{MO}	[€]	16.491	14.841	10,0%
C _{MS}	[€]	4.384	3.945	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	20.874	18.787	10,0%
OPEX	[€]	46.291	33.487	27,7%
Classe energetica	[-]	F	C	+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	47,5	47,5	11 169	1 649	438	59 283	2,10	2,33	-	21 450	60,32	0,36	1,468	1,548
SCN 2	46,2	46,2	10 717	1 649	438	121 423	3,34	3,73	-	25 152	39,23	0,21	1,310	1,011

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 F alla C**, attraverso lo scenario 2 e secondo le specifiche tecniche riportate.

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

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l'efficientamento dell'involucro mediante l'inserimento di un cappotto interno e dell'impianto termico mediante la sostituzione del generatore ed un sistema di regolazione e controllo della temperatura per ogni singolo ambiente. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 27.219 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 144.102 kWh**.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto. n5-E1137_rev D_ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1137_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5 – E1137_rev D-Elaborati grafici diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5 – E1137_rev D-Elaborati grafici posizione impianto e contatori DE_Lotto. n5-E1137_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1137_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n,5-E1137_rev D_ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1137_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1137_rev D_ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1137_rev D_ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1137_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 – E1137_rev B_ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1137_rev B_ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1137_rev B_ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1137_rev B_ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML)con firma digitale	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1137_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 – E1137_rev D_ALLEGATO H_APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1137_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 – E1137_rev D_ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1137_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 – E1137_rev D_ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1137_rev D_ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM