

Scuola primaria "DOGE DA MURTA"

E1163

P.ZZA CHIESA DI MURTA 5A

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Scuola primaria “DOGE DA MURTA”

E1163

P.ZZA CHIESA DI MURTA 5A

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

CASa Associati

Via Cetto Ciglia 54 – 65128 – Pescara

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

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

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

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

INDICE

PAGINA

INDICE.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
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/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
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	23
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	33
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	37
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	43
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	43
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	43
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	46
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	47
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	47



8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	49
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	49
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	49
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	53
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	59
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	59
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	60
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	60
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	62
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	69
9.3.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO TERMICO E COPERTURA</i>	72
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	77
10	CONCLUSIONI	82
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	82
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	82
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	83
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	1
	ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI	1
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT ENDOSCOPICO	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	2
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	2
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	2
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	2
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	2
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2
	ALLEGATO N – CD-ROM	2

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1956
Anno di ristrutturazione		Nel tempo solo piccoli interventi sporadici in seguito a guasti o rotture di componenti
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	605
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.695
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.665
Rapporto S/V	[1/m]	0,46
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	624
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	115
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	739
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	180
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico ad accumulato
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	14,973
Consumo di riferimento Energia termica ⁽¹⁾⁽²⁾	[kWh _{th} /anno]	76.691
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.397
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	11.340
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.465

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): Valore comprensivo di gas metano e gasolio per riscaldamento

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento solaio di copertura;
- EEM 2: Sostituzione infissi;
- EEM 3: Installazione generatore di calore a condensazione;
- EEM 4: Installazione circolatore inverter;
- EEM 5: Installazione valvole termostatiche.

- SCN 1: COPERTURA E IMPIANTO TERMICO (EEM1+3+4+5);
- SCN 2: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO (EEM 1+2+3+5).

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	8,5	8,5	730	-	-	12 834	16,4	13,6	30	5 323	8,5	0,41	-	-
EEM 2	19,0	19,0	1 633	-	-	61 120	18,6	32,4	30	-4 594	3,0	-0,08	-	-
EEM 3	38,8	38,8	3 331	637	169	31 449	4,5	5,6	15	22 625	15,7	0,72	-	-
EEM 4	3,7	3,7	353	-	-	2 375	6,7	8,0	15	1 274	11,6	0,54		
EEM 5	11,4	11,4	982	-	-	1 399	1,5	1,6	15	8 029	61,7	5,74	-	-
SCN 1	57,3	57,3	4 963	637	169	48 057	2,59	2,91	-	11 382	44,89	0,24	1,318	1,333
SCN 2	64,5	64,5	5 527	637	169	106 922	3,61	4,09	-	10 685	31,65	0 1	1,132	0,720

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

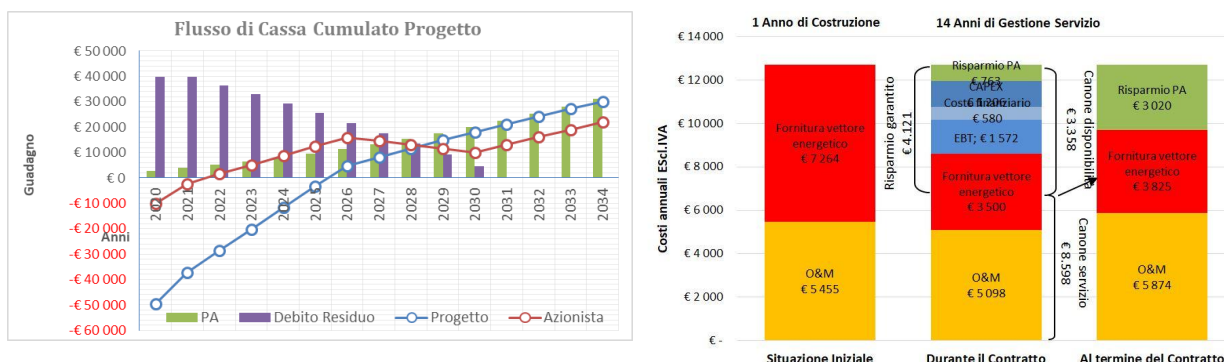
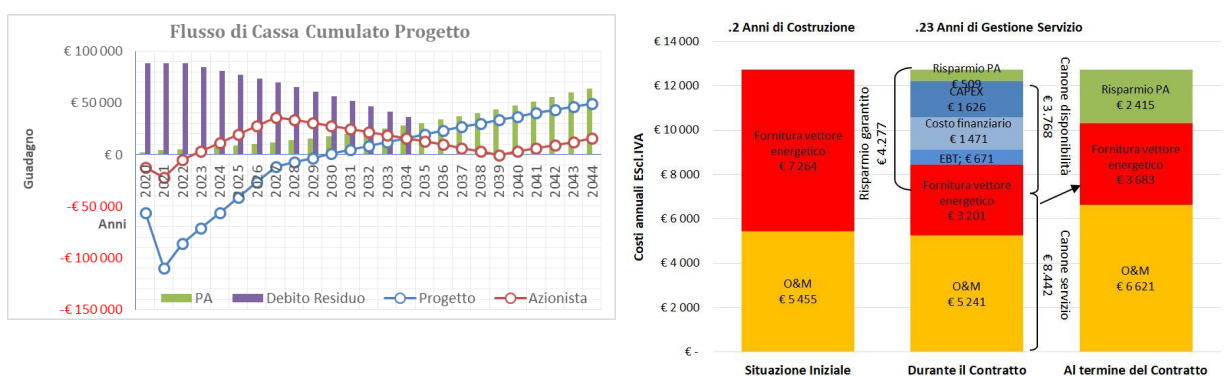


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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 G alla D**, 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; in particolare si fa riferimento alle condizioni di obsolescenza rilevate per il generatore e per altre parti dell’impianto termico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore e l’installazione di valvole termostatiche e il miglioramento dell’involucro edilizio attraverso la realizzazione dell’isolamento delle coperture all’intradosso e la sostituzione degli infissi. Tale scenario presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima, per lo scenario 2 che risulta essere quello più performante in termini di ambientali, **una riduzione complessiva di 13.410 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, **sarebbe possibile risparmiare 69.441 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.

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita da 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.

Figura 1.1 - Vista della facciata con l'ingresso esposta ad Ovest



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

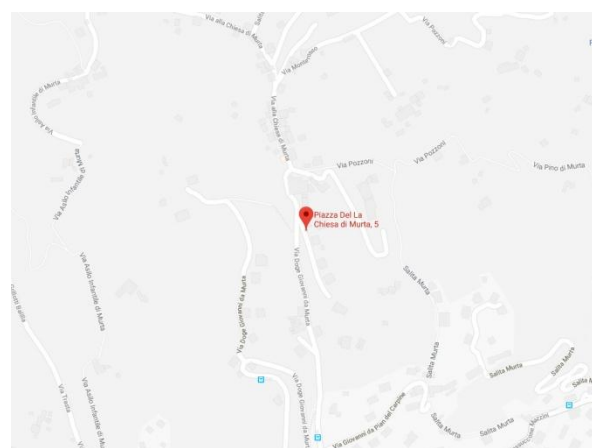
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carmela Palmieri Marco Santomauro Fabio Armillotta Pierluigi Fecondo Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Sopralluogo in sito
Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Roberta Campanella		Elaborazione dei dati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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 15 Mapp. 1448, è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Murta, una frazione situata in collina sul versante destro della Val Polcevera, amministrativamente inserita nell'unità urbanistica di Bolzaneto (Municipio V Valpolcevera).

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1956
Anno di ristrutturazione		Nel tempo solo piccoli interventi sporadici in seguito a guasti o rotture di componenti
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	605
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.695
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.665
Rapporto S/V	[1/m]	0,46
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	624
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	115
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	739

Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	180
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico ad accumulio
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	14,973
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	76.691
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.397
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	11.340
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.465

Nota (1): Valori di Baseline

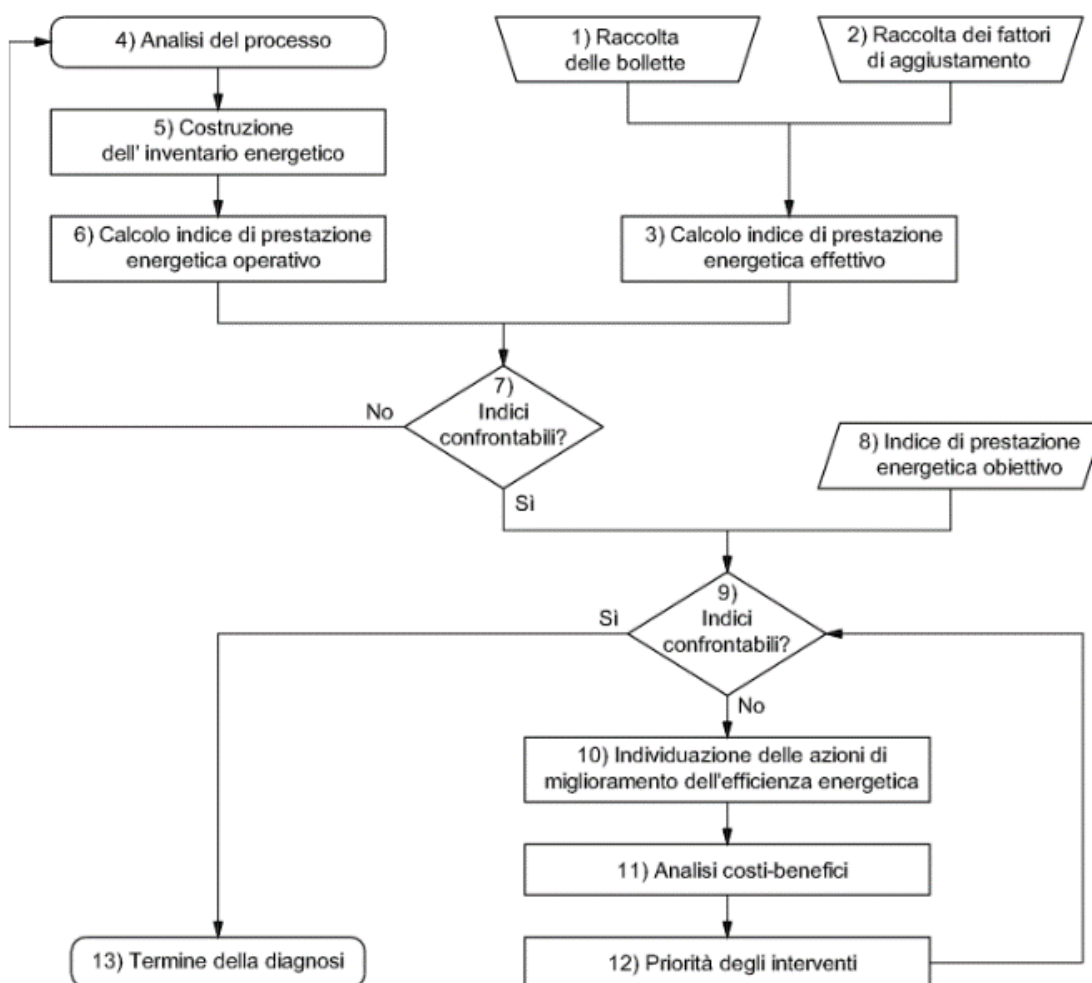
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 21/11/2018 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 Ageci, 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;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati Climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per le tre annualità 2014, 2015, 2016;
- Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

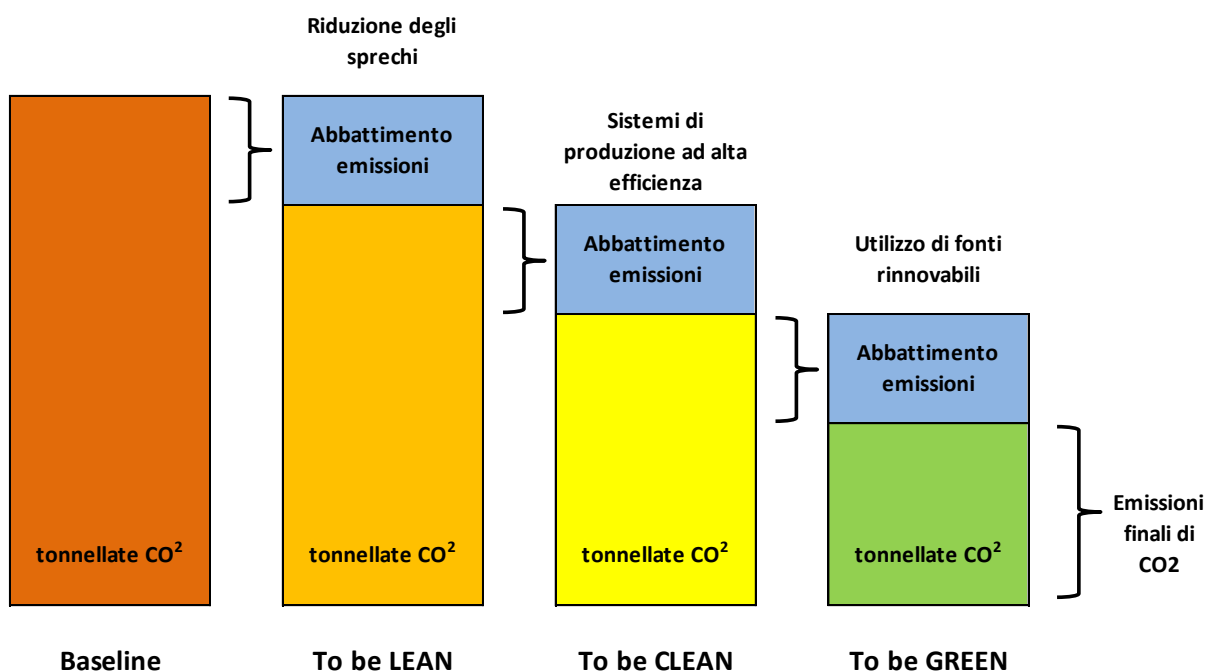
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dalla baseline e approdando ad 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 riqualificazione degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);

- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

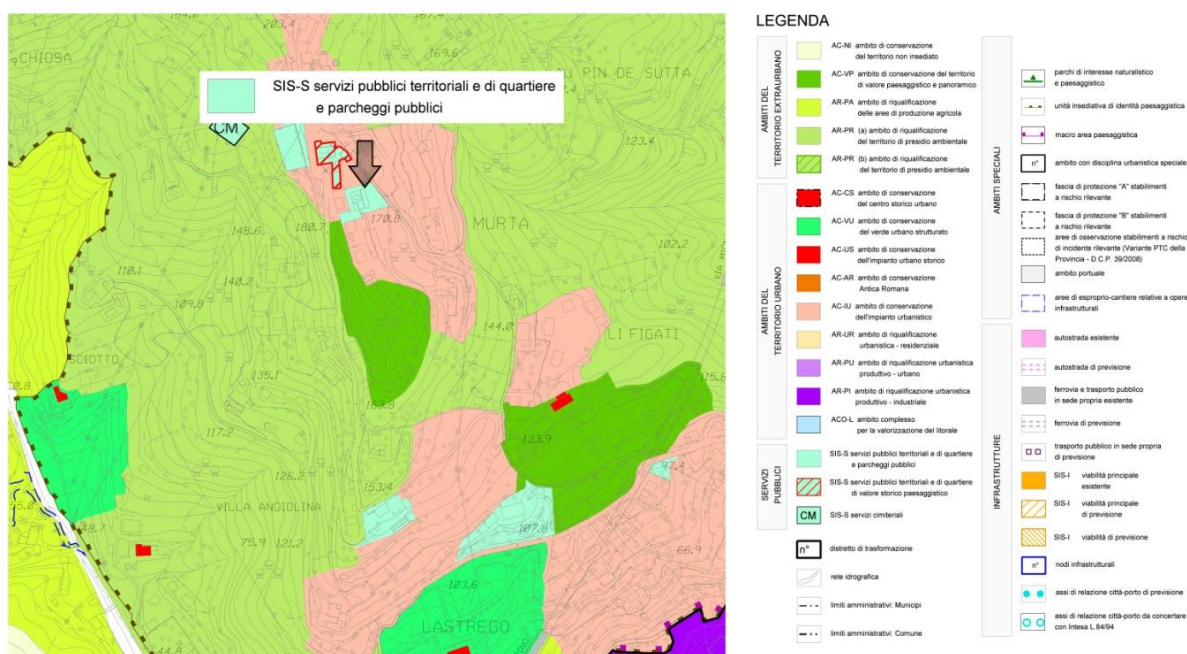
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio in cui è ubicata la scuola primaria “Doge da Murta” è ubicata sulla sommità della collina di Murta all'interno dell'abitato, composto da un nucleo centrale, comprendente anche la chiesa parrocchiale, da alcuni gruppi di case rurali sparsi sul territorio circostante e da numerose villette distribuite sul versante della collina che scende verso la sponda destra del torrente Polcevera.

La scuola, amministrativamente, fa parte dell'Istituto Comprensivo Bolzaneto di Genova, un'istituzione scolastica che comprende anche la scuola dell'infanzia J. Bonfieni, la scuola primaria D. Alighieri e la scuola secondaria di primo grado P. Gaslini.

E' un edificio del 1956 circa, che nel tempo è stato oggetto solo di piccoli interventi sporadici in seguito a guasti o rotture di componenti senza essere mai stata ristrutturata in maniera organica. Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli.

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

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

La scuola, ogni anno, è frequentata da circa 100 bambini suddivisi in cinque classi. Pertanto, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, è importante evidenziare come l'efficientamento dell'edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L'edificio, ospitante la scuola primaria oggetto della DE, è disposto su tre piani: al primo ci sono tre aule e i servizi igienici; al piano terra ci sono l'atrio di ingresso, due aule, un'aula multifunzione da cui si accede ad una terrazza non calpestabile, e i servizi igienici; al piano seminterrato ci sono la palestra, due locali mensa collegati, una piccola aula multimediale per il sostegno, lo spogliatoio per gli addetti mensa e i servizi igienici. Dalla scala interna si accede alla copertura e ad un piccolo locale di servizio.

La Scuola è dotata di zone di verde naturale con spazi coltivabili ai lati del cancello dell'ingresso principale e di un giardino situato frontalmente rispetto a palestra e mense, caratterizzato da zona gioco con copertura sintetica e da una zona di verde naturale. Sul lato sinistro dell'edificio, guardando dal giardino, è localizzato il locale caldaia. Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d'uso delle varie aree e le relative superfici. Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in Allegato B – elaborati grafici.

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Palestra, locali mensa, aula multimediale per sostegno, spogliatoio e servizi igienici	[m ²]	269,21	214,40	-
Terra	Ingresso, aule didattiche, sala multifunzione e servizi igienici	[m ²]	188,59	188,59	-
Primo	Aule didattiche e servizi igienici	[m ²]	188,10	188,10	-
Copertura	Locale di servizio	[m ²]	21,9	13,91	-
TOTALE		[m ²]	624,00	605,00	-

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, Il territorio di Murta, un tempo assai vasto, è stato ridotto nel corso del Novecento, quando alcune zone furono assegnate ai quartieri di Sestri Ponente e Rivarolo. Attualmente è identificata con Murta la parte superiore dell'area collinare, comprendente il nucleo principale del paese, attorno alla chiesa, e i numerosi gruppi di case sparse che si trovano a monte. Il paese non è stato direttamente interessato dallo sviluppo industriale che ha riguardato le aree di fondovalle. Oggi è quasi esclusivamente un centro residenziale, i cui abitanti per la maggior parte lavorano in aziende della Val Polcevera e di Genova. Dell'antica economia agricola restano intorno alle case piccoli orti e vigneti, coltivati dai residenti soprattutto ad uso personale.

L'edificio ospitante la scuola primaria “Doge da Murta”, è di recente costruzione (anni 50) e non è classificato come **bene di interesse Storico ed Artistico Particolarmente Importante**, pertanto, nell'analisi delle EEM non si è resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

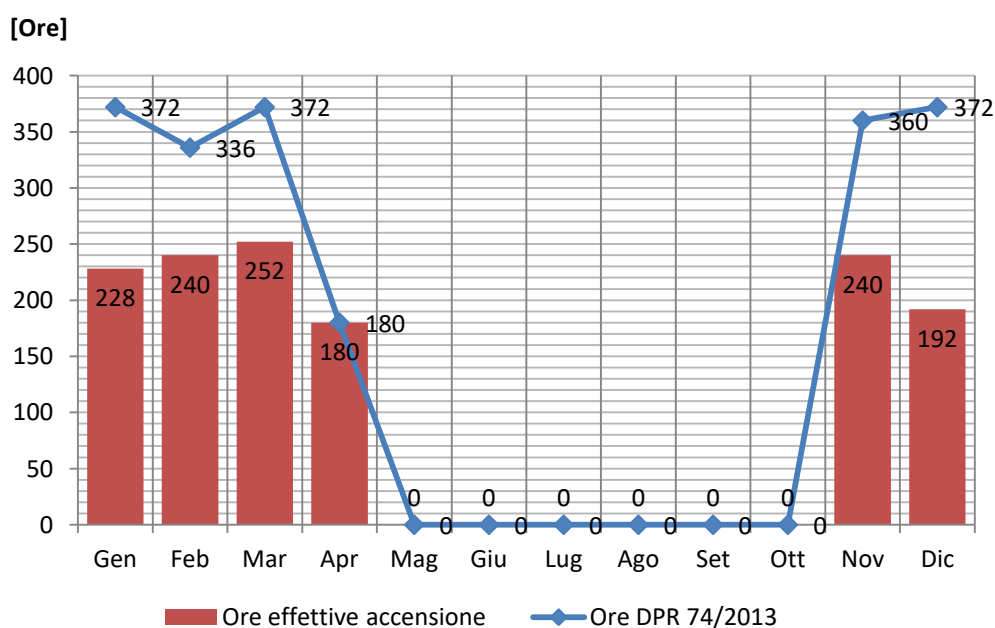
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio così come i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle attività dell'asilo, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura pertanto un'ora prima dell'arrivo dei bambini ed un'ora dopo



l'edificio è occupato dal personale scolastico. L'impianto inoltre si accende un'ora prima dell'arrivo del personale.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

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

3.2 DATI CLIMATICI REALI

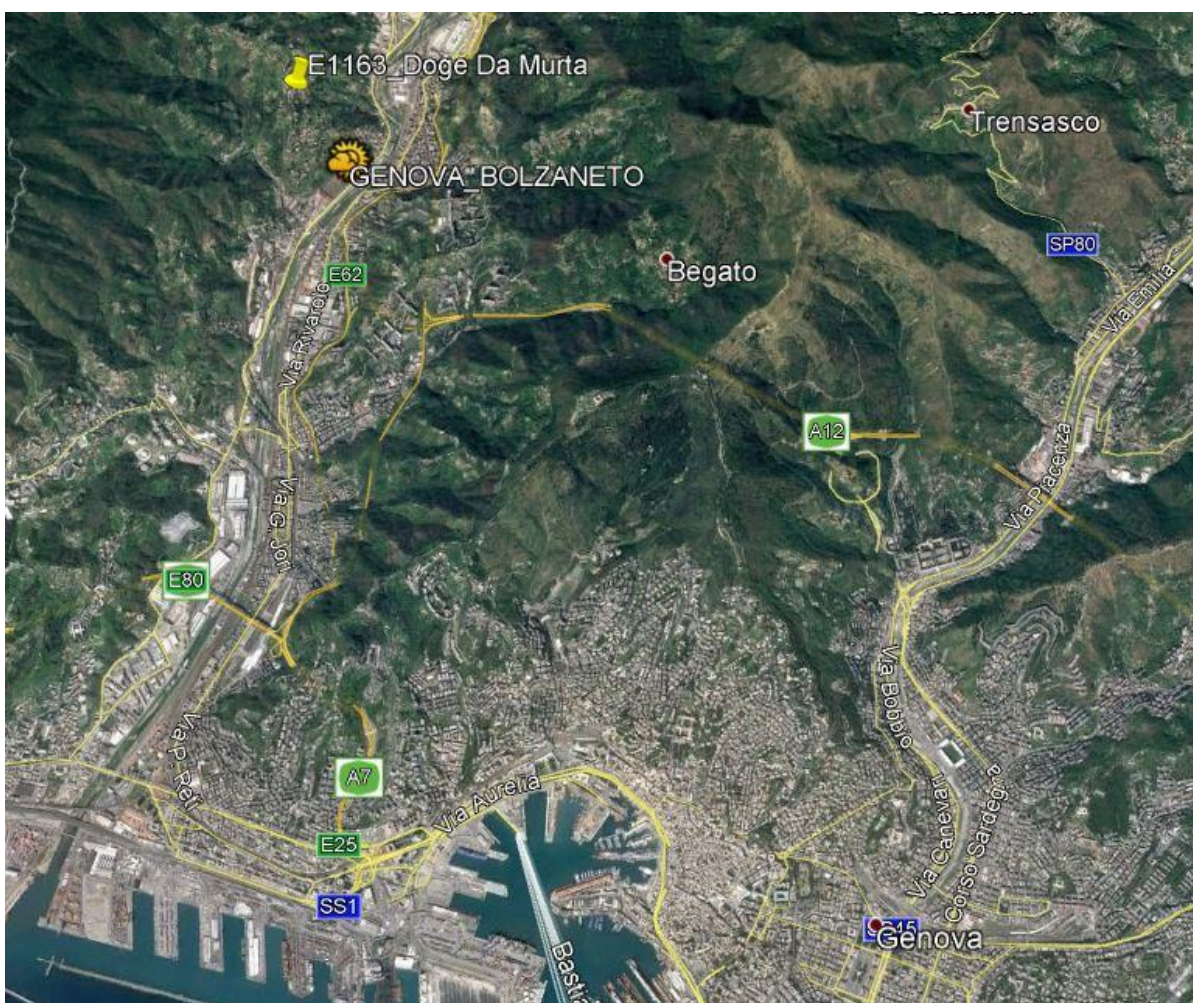
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

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

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

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

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

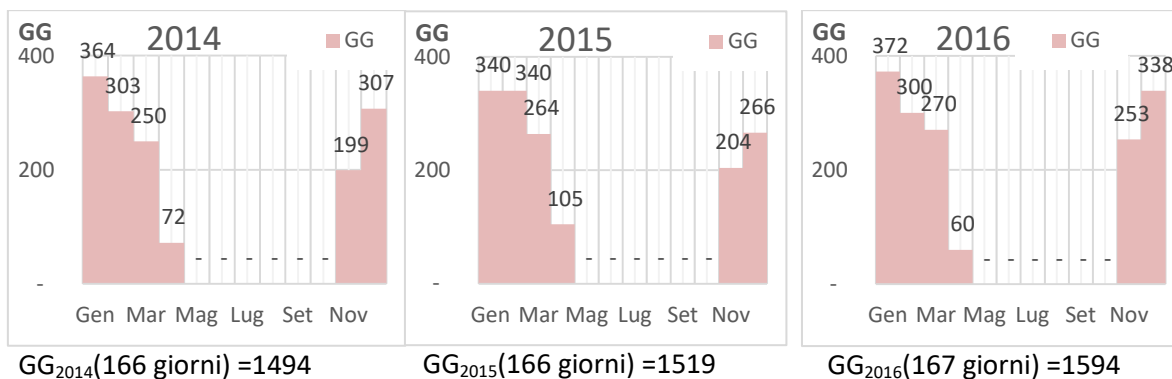


3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

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

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

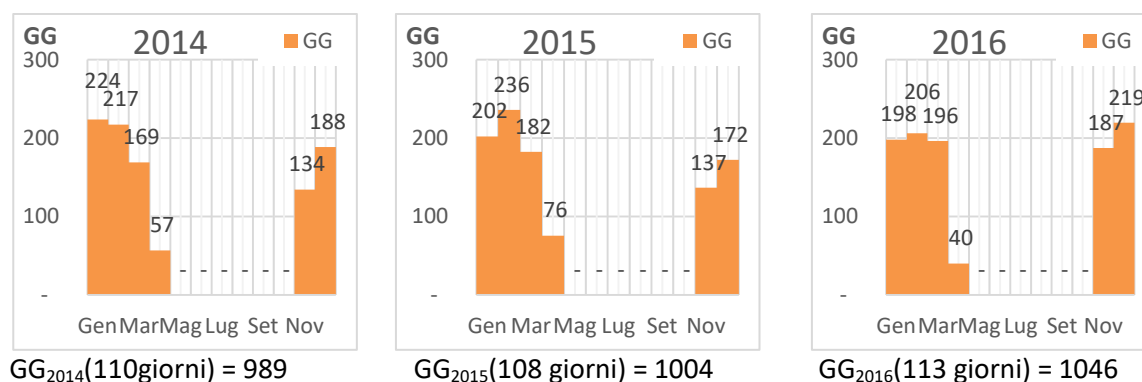


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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

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

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

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura a cassetta con spessore da 43 cm complessivi, realizzata con mattoni pieni e intercapedine d'aria non isolata. La muratura è intonacata su entrambi i lati ed è uguale su tutti i fronti dell'edificio. Le pareti del vano scala presentano uno spessore ridotto a 32,5 cm. Non sono presenti nicchie sottofinestra.

La struttura è a telaio in cemento armato. I pilastri all'esterno sono ricoperti da mattoni pieni. Il solaio di copertura è piano ed è costituito da travetti con interposti tavelloni in laterizio disposti in duplice ordine, a formare

una camera d'aria alta. Il tavellone posato sulla parte superiore della trave funziona da cassero a perdere per la soletta di calcestruzzo armato. Il solaio di copertura è accessibile dalla scala interna dell'edificio. Il solaio di copertura della palestra è realizzato con putrelle e tavelle.

Sul solaio piano della terrazza e della copertura nel 2009 circa è stato rifatto il manto impermeabilizzante con guaina bituminosa ardesiata.

Questa soluzione realizzativa presenta le problematiche classiche delle strutture a telaio non isolate, con particolari disagi al piano primo, dove la copertura non essendo isolata accentua le condizioni di raffreddamento nel periodo invernale e surriscaldamento nel periodo estivo.

Figura 4.1 - Particolare della muratura esterna



Figura 4.2 - Particolare della facciata verso il terrazzo



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

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte est



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 Copertura	SL02	[52,3]	[assente]	[1,23]	[Buono]
Solaio Copertura palestra	SL05	[19,5]	[assente]	[1,93]	[Buono]
Solaio controterra	SL013	[35]	[assente]	[2,02]	[discreto]
Parete esterna verticale	[MR01]	[43]	[assente]	[1,43]	[discreto]
Parete esterna verticale scala	[MR02]	[32,5]	[assente]	[1,52]	[discreto]

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti in alluminio senza taglio termico con vetro singolo, ad eccezione della porta-finestra con maniglione antipánico del locale refettorio al piano seminterrato e di quella al piano terra sul fronte principale, che sono con telaio in alluminio senza taglio termico e vetrocamera da 8 mm circa.

Non è presente nessun sistema di oscuramento esterno. All’interno sono presenti tende bianche. La tipologia ricorrente su tutti i fronti è quella a quattro ante (due laterali fisse e due centrali apribili) con sopra luce orizzontale.

Il portone di ingresso è in alluminio senza taglio termico e vetrocamera.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Tutti i serramenti presentano notevoli problematiche di tenuta all'aria e all'acqua, oltre che elevate dispersioni termiche e problemi di sicurezza dovuti alla loro obsolescenza e al telaio a spigolo vivo.



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

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti al piano primo



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento ad un’anta	WN05	1.65x2.50	alluminio	Vetro singolo	5,71	pessimo
Serramento a due ante	WN01	[1.10x2.40]	alluminio	Vetro singolo	5,68	pessimo
Serramento a quattro ante	WN02	[1.80x2.40]	alluminio	Vetro singolo	5,68	pessimo
Serramento alto a quattro ante	WN02	[2.50x2.40]	alluminio	Vetro singolo	5,68	pessimo
Serramento ingresso	WN02	[2.50x2.40]	alluminio	Vetrocamera	5,68	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/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua, con presenza di un generatore di calore a basamento alimentato a gas metano, un gruppo di circolazione costituito da due pompe a giri fissi installate in parallelo, 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 del radiatore installato in prossimità del corpo scala



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola elementare	Radiatore su parete esterna non isolata	90%
Scuola elementare	Radiatore su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna	2	2,03	4,06	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	1	2,71	2,71	-	-
Terra	Su parete interna	1	2,70	2,70	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	1	2,70	2,70	-	-
Terra	Su parete interna	1	2,16	2,16	-	-
Terra	Su parete interna	2	4,05	8,10	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	2	1,89	3,78	-	-
Primo	Su parete interna	2	2,70	5,40	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	2,70	5,40	-	-
Primo	Su parete interna	1	2,97	2,97	-	-

Primo	Su parete esterna non isolata	2	2,92	5,84	-	-
Primo	Su parete interna	1	0,45	0,45	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	0,45	0,45	-	-
Secondo	Su parete interna	1	3,38	3,38	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	3,38	3,38	-	-
Secondo	Su parete interna	2	2,97	5,94	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	2,97	2,97	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	2	2,92	5,84	-	-
Secondo	Su parete interna	2	0,41	0,82	-	-
TOTALE		28	-	69,05	-	-

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 16,0°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 4.7 – Centralina di controllo in CT

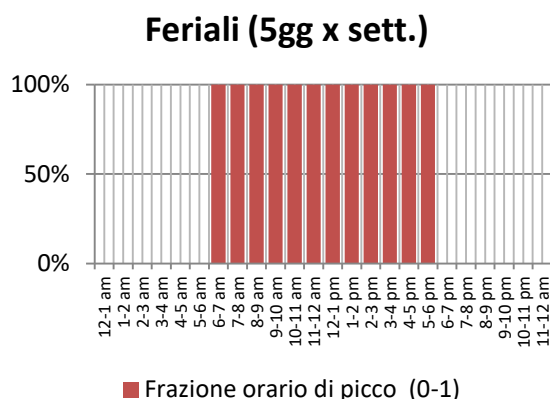


Figura 4.8 – Particolare della Centralina di controllo in CT



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento dell’impianto termico.

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Scuola elementare



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola elementare	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. (fluido termovettore acqua).

Circuito di riscaldamento: sono presenti due pompe di circolazione per la distribuzione dal generatore ai terminali di emissione.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito di riscaldamento

NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]	
Circuito riscaldamento	P1	Circolazione interna	N.D.	N.D.	0,035 (1)
Circuito riscaldamento	P2	mandata acqua calda a radiatori	N.D.	N.D.	0,720 (1)
Circuito riscaldamento	P3	mandata acqua calda a radiatori	N.D.	N.D.	0,290 (1)
TOTALE		N.D.	N.D.		1,045 (1)

Nota (1): Valori ricavati dai 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	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Scuola elementare	Mandata	Caldo	42,1 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	34,7 (2)	70 (1)

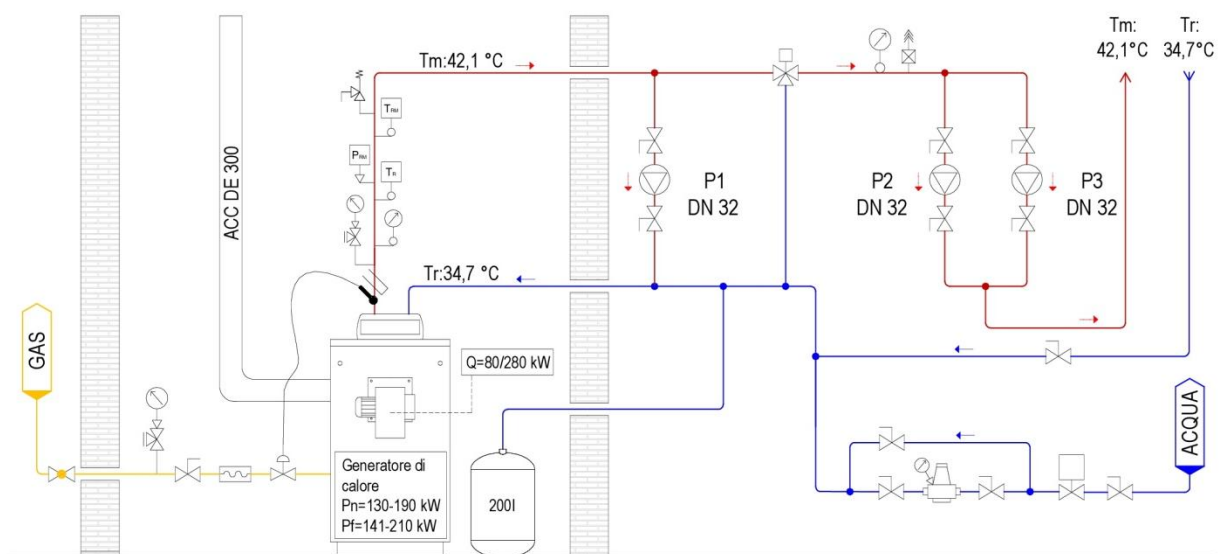
Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

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

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo sono state rilevate temperature notevolmente più basse rispetto ai valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Tale differenza può essere dovuta al fatto che la temperatura di mandata impostata sul generatore sia più bassa.

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto



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

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 99.0%. 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 con potenza termica utile min-Max pari a 130 - 190 kW di produzione Unical modello P190 costruito nel 1996 e bruciatore alimentato a gas con potenza min-Max pari a 80-280 kW di produzione Baltur modello BTG 28P costruito nel 2014.

Figura 4.11 - Generatore di calore



Figura 4.12 - Particolare del generatore di calore



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche caldaia e bruciatore

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]	
Gen 1	Riscaldamento	Unical	P190	1996	141-210(1)	130-190(1)	88%(2)	0,15(2)
Bru 1	Riscaldamento	Baltur	BTG 28P	2014	-	80-280(1)	-	0,36(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

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 84%.

Si sottolinea che secondo quanto rilevato in sede di sopralluogo il generatore funziona regolarmente.

Si sottolinea che, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo sul libretto di centrale nella sezione relativa alla prova fumi, il rendimento di combustione è pari a 94,1% alla data 16/03/2017.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d’uso dell’edificio. 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 2.

Figura 4.13 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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

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

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2) Sottosistema non presente.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]
Scuola elementare	Forno Microonde	2	1100	2200	260
	Frigorifero	1	300	300	5.520
	Stampante Multifunzione	1	800	800	400
	Stampante	1	80	80	400
	Scaldavivande	1	2000	2000	400
	Asciugamani elettrico	2	750	1.500	400
	LIM	1	340	340	400

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero tubolare, a basso consumo e proiettori alogeni, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle aule, in palestra e nei servizi igienici;
- Lampada a basso consumo installata all'esterno in prossimità dell'ingresso;
- Proiettore alogeno installato all'esterno.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in palestra.



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Scuola elementare	Tubolare	3	18 (1x18)	54
	Tubolare	8	58 (1x58)	464
	Tubolare	43	116 (2x58)	4988
Esterno	Lamp. basso consumo	1	40	40
	Proiettore alogeno	1	200	200

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 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



Figura 4.16 - Particolare del proiettore alogeno ubicato all'esterno



5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Gasolio per riscaldamento;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è prevalentemente il Gas Metano. Si pone in evidenza il fatto che nell'anno 2014 era presente ancora un vecchio generatore funzionante a gasolio.

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1;

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 [litri/Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
16220050528866	Riscaldamento	2.669	7.887	7.148	25.142	74.299	67.334
-	Riscaldamento	9.000	-	-	90.807		
TOTALE					115.949	74.299	67.334

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione non si è potuto provvedere alla valutazione dei consumi fatturati in quanto non sono state fornite le fatture relativamente ai consumi per il triennio di riferimento.

Per la determinazione dei consumi annui nel modello energetico si sono ripartite le varie mensilità in funzione dell’effettivo funzionamento dell’impianto e dei Gradi Giorno reali.

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 _{REALI} SU [111] GIORNI	GG _{RIF} SU [111] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC [litri]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]
2014	882	926	2.669	9.000	115 946	117,3	106 101
2015	927	926	7.887	-	74 317	74,0	66 970
2016	984	926	7.148	-	67 353	64,4	58 231
Media	931	926	5.901	9.000	85 872	84,8	76 691

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

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4.

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	76.691
$Q_{baseline}$	76.691

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 elementare;

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]
IT001E11726547	Scuola elementare	9.976	9.794	12.252	10.674
TOTALE		9.976	9.794	12.252	VALORE MEDIO FATTURATO 10.674

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

- Per il 2014 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 6% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 10.558 kWh)
- Per il 2015 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 7% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 10.525 kWh)
- Per il 2016 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 5% circa. (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 12.937 kWh)

Il dato medio desumibile dall'analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 6% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 11.340 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 11.340 kWh.

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

POD: IT001E11726547	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	873	243	352	1 468
Feb - 14	815	253	362	1 430
Mar - 14	603	231	343	1 177
Apr - 14	548	198	326	1 072
Mag - 14	300	104	190	594
Giu - 14	203	59	103	365
Lug - 14	87	34	64	185
Ago - 14	35	28	55	118
Set - 14	250	93	73	416
Ott - 14	629	130	88	847
Nov - 14	859	163	165	1 187
Dic - 14	748	164	205	1 117
Totale	5 950	1 700	2 326	9 976
POD: IT001E11726547	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	799	215	297	1 311
Feb - 15	733	222	264	1 219
Mar - 15	722	192	287	1 201
Apr - 15	366	157	271	794
Mag - 15	318	87	128	533
Giu - 15	191	69	112	372
Lug - 15	51	42	61	154
Ago - 15	46	44	70	160
Set - 15	254	84	90	428
Ott - 15	683	167	124	974
Nov - 15	877	244	323	1 444
Dic - 15	686	195	323	1 204
Totale	5 726	1 718	2 350	9 794
POD: IT001E11726547	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	779	243	327	1 349
Feb - 16	829	237	265	1 331
Mar - 16	524	193	287	1 004
Apr - 16	473	228	341	1 042
Mag - 16	606	177	286	1 069
Giu - 16	255	156	272	683
Lug - 16	206	155	262	623
Ago - 16	181	129	245	555
Set - 16	322	162	260	744
Ott - 16	712	225	289	1 226
Nov - 16	791	269	349	1 409
Dic - 16	617	224	376	1 217
Totale	6 295	2 398	3 559	12 252

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

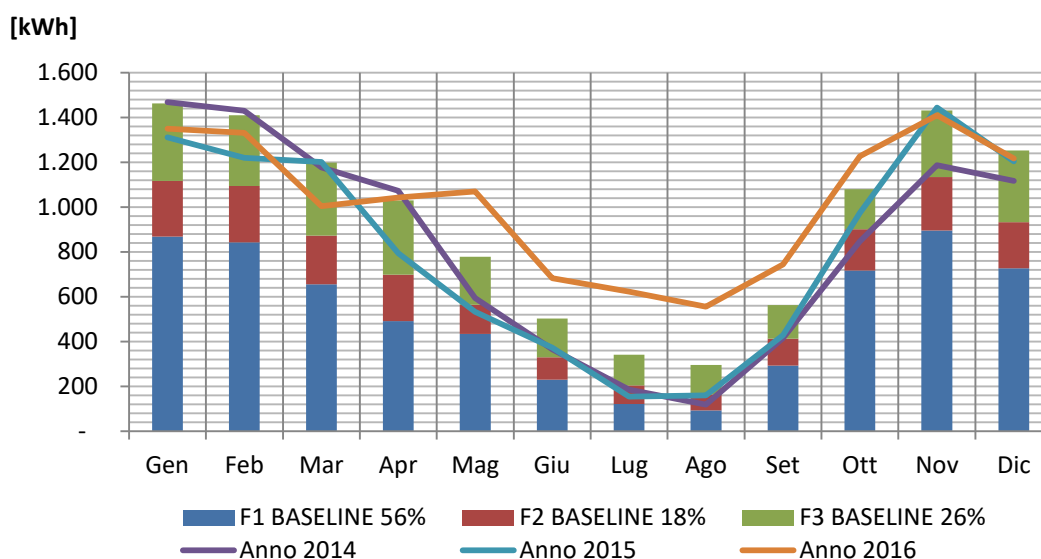
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	817	234	325	1 376
Febbraio	792	237	297	1 327
Marzo	616	205	306	1 127
Aprile	462	194	313	969
Maggio	408	123	201	732
Giugno	216	95	162	473
Luglio	115	77	129	321
Agosto	87	67	123	278
Settembre	275	113	141	529
Ottobre	675	174	167	1 016
Novembre	842	225	279	1 347
Dicembre	684	194	301	1 179
Totale	5 990	1 939	2 745	10 674

Tabella 5.7 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	868	248	346	1.462
Febbraio	842	252	316	1.409
Marzo	655	218	325	1.198
Aprile	491	206	332	1.030
Maggio	433	130	214	778
Giugno	230	101	172	503
Luglio	122	82	137	341
Agosto	93	71	131	295
Settembre	293	120	150	562
Ottobre	717	185	177	1.079
Novembre	895	239	296	1.431
Dicembre	726	206	320	1.253
Totale	6.364	2.060	2.916	11.340

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 frigoriferi, i pc e le stampanti lasciati in standby;
- 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.

Non è stato possibile rilevare il prelievo di potenza massima in quanto, come mostrato nella figura seguente, il dato di prelievo di potenza non è disponibile sul sito E-distribuzione per il POD in esame.



POD IT001E11726547	Indirizzo Fornitura PZA CH.MURTA,0SCUO - 16162 GE	ATTIVO
-----------------------	------------------------------------------------------	---------------

Dettaglio - Le Mie Letture

Il servizio Le Mie Letture permette di consultare o scaricare le letture associate ad un POD per il periodo di riferimento scelto. Le letture reali rappresentano il dato rilevato dal distributore sul contatore alla data di riferimento della lettura. Le letture stimate sono calcolate dal distributore ai sensi della delibera AEEGSI 65/12. I dati non comprendono le autoletture, le letture cioè comunicate dal Cliente al Venditore. Per visualizzare le letture è sufficiente inserire Inizio periodo, fine periodo, utilizzando l'apposito calendario e premere il pulsante Esegui. È possibile vedere le letture fino a un anno indietro per non più di 6 mesi alla volta.

Periodo Visualizzazione

Inizio Periodo: 16/05/2017 Fine Periodo: 31/10/2017 **Esegui**

Visualizzazione e Download

Data Lettura	Codice Misuratore	Matricola Misuratore	Costante Misuratore	Tipo Dato	Energia Attiva Fascia 1 (kWh)	Energia Attiva Fascia 2 (kWh)	Energia Attiva Fascia 3 (kWh)	Energia Reattiva Fascia 1 (kVARh)	Energia Reattiva Fascia 2 (kVARh)	Energia Reattiva Fascia 3 (kVARh)	Potenza Fascia 1 (kW)	Potenza Fascia 2 (kW)	Potenza Fascia 3 (kW)
31/05/2017	08E5G5321	00446663	1	REALE	45154	14415	20341	-	-	-	-	-	-
30/06/2017	08E5G5321	00446663	1	REALE	45495	14578	20688	-	-	-	-	-	-
31/07/2017	08E5G5321	00446663	1	REALE	45652	14691	20895	-	-	-	-	-	-
31/08/2017	08E5G5321	00446663	1	REALE	45764	14772	21050	-	-	-	-	-	-
30/09/2017	08E5G5321	00446663	1	REALE	45942	14844	21145	-	-	-	-	-	-
31/10/2017	08E5G5321	00446663	1	REALE	46455	14999	21245	-	-	-	-	-	-

Legenda:

Letture reali: lettura rilevata dal distributore alla data indicata

Letture stimate: lettura calcolata dal distributore.

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 5.7 - Fattori di emissione di CO₂.

Tabella 5.7 - Fattori di emissione di CO₂.

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

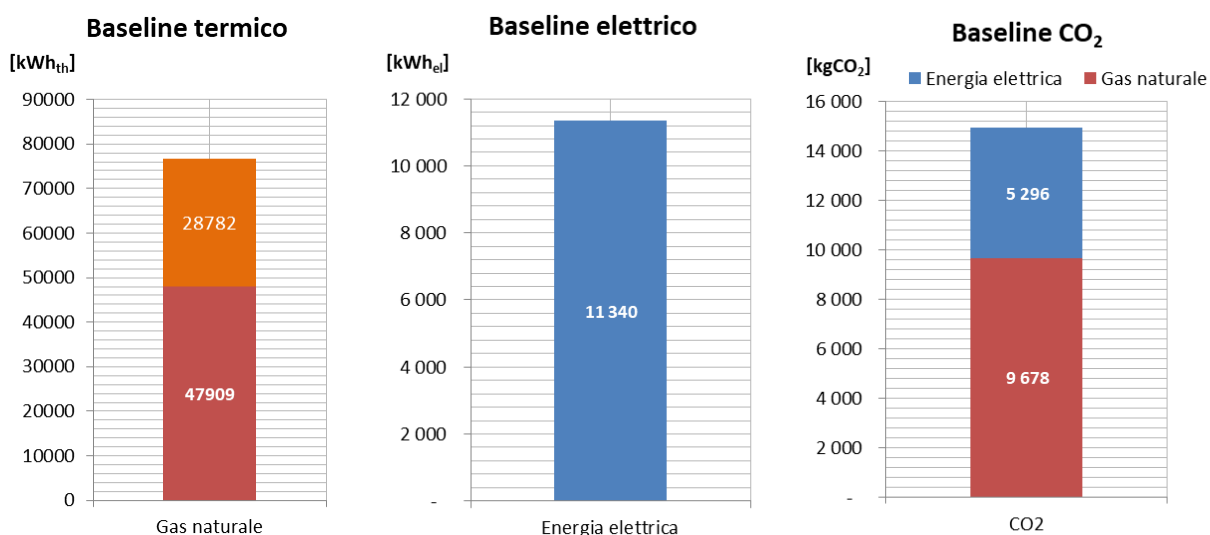
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.8 – Baseline delle emissioni di CO₂, e nella Figura 5..

Tabella 5.8 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	11.340	* 0,467	5,296
Gas naturale	47.909	* 0,202	9,678
Gasolio	28.782	* 0,267	7,685

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
Gasolio	1,07	0	1,07

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 4.2, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.10.

Tabella 5.10 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	605	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	624	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	3.665	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	47 909	1,05	50 304	83,1	80,6	13,7	16,00	15,51	2,64
Gasolio	28 782	1,07	30 797	50,9	49,4	8,4	12,70	12,32	2,10
Energia elettrica	11 340	2,42	27 443	45,4	44,0	7,5	8,75	8,49	1,44
TOTALE			108 544	179	174	30	37	36	6

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	47 909	1,05	50 304	83,1	80,6	13,7	16,00	15,51	2,64
Gasolio	28 782	1,07	30 797	50,9	49,4	8,4	12,70	12,32	2,10
Energia elettrica	11 340	1,95	22 113	36,6	35,4	6,0	8,75	8,49	1,44
TOTALE			103 214	171	165	28	37	36	6

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

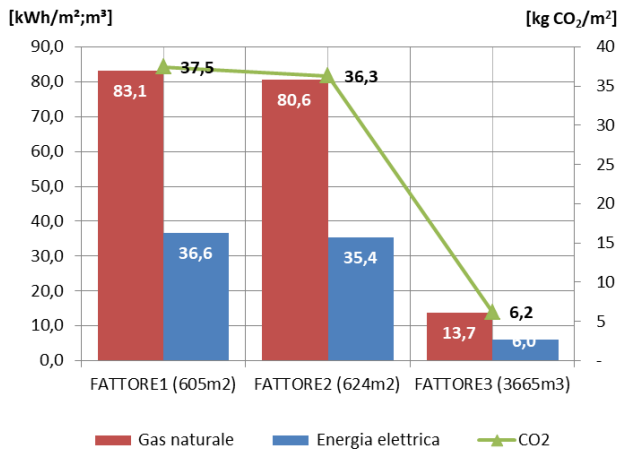
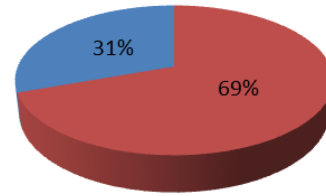
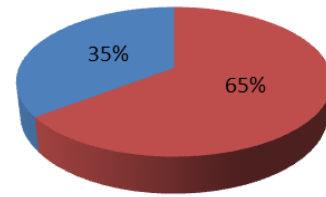


Figura 5.1 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.13 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	14,11	9,04	8,19	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	11,83	11,79	11,96

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.

Tabella 5.15 – 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 5.16 – 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	418,049	407,713
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	383,291	379,706
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,138	0,917
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	33,620	27,090
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	93,657	89,780

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

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

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [m3/anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	33.327 [m3/anno]	329.637
Energia Elettrica		36.089

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

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

Dove:

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

- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell’edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L,int}$

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 le effettive condizioni d’uso dello stesso.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	149,944	145,202
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	132,992	131,543
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,138	0,917
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	15,813	12,742
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	34,781	32,950

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)

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	9.126	76.395
Energia Elettrica	-	11.315

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

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

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
76.395	76.691	0,4

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)

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
11.315	11.340	0,2

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

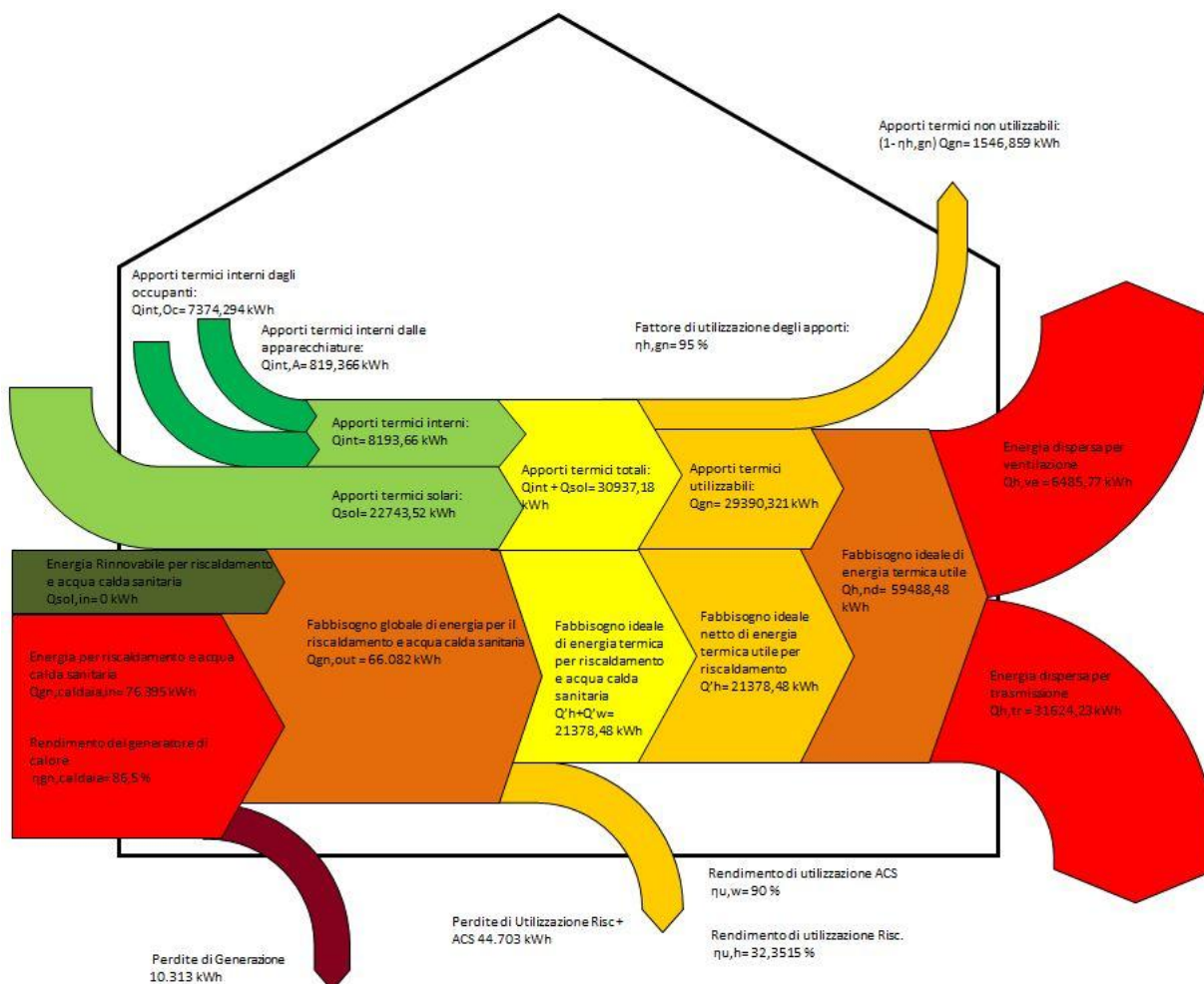
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

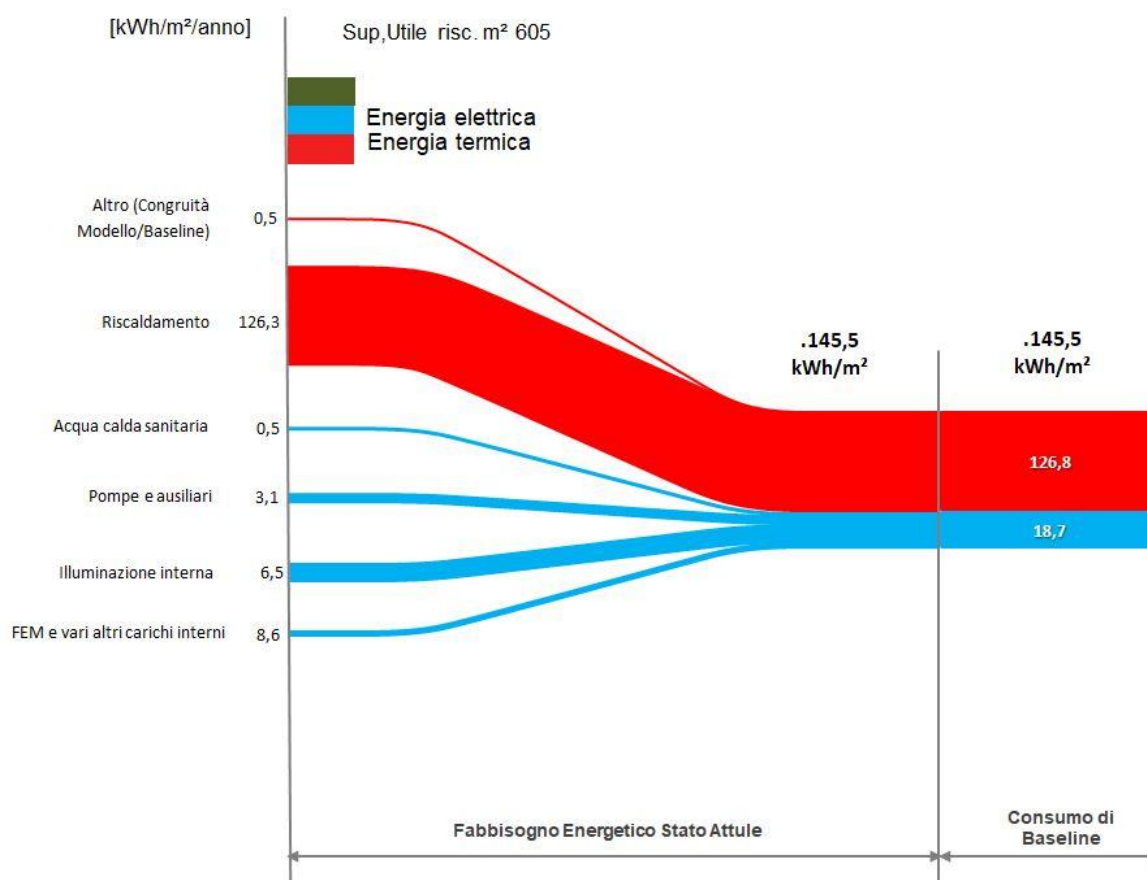
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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.

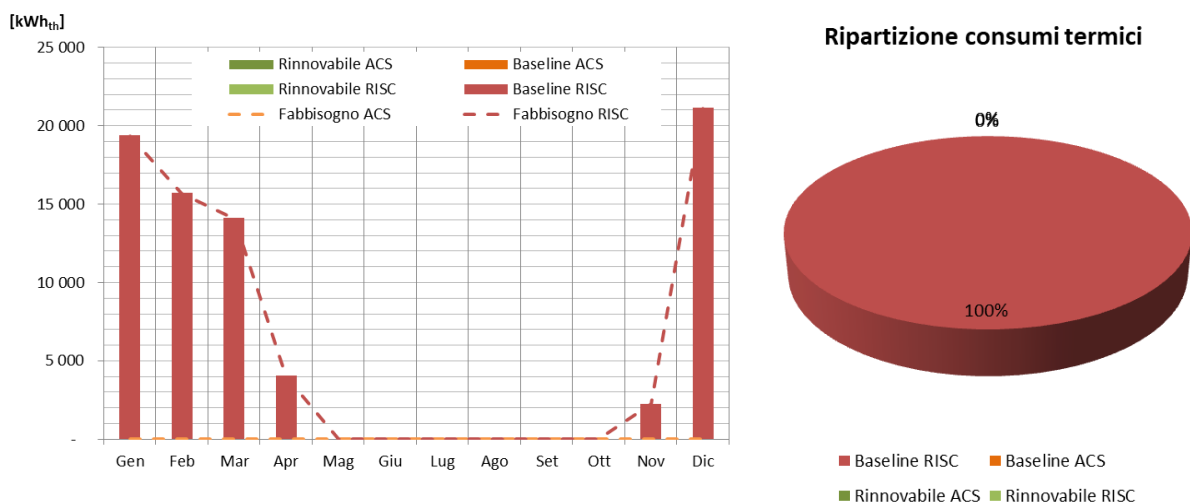
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

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



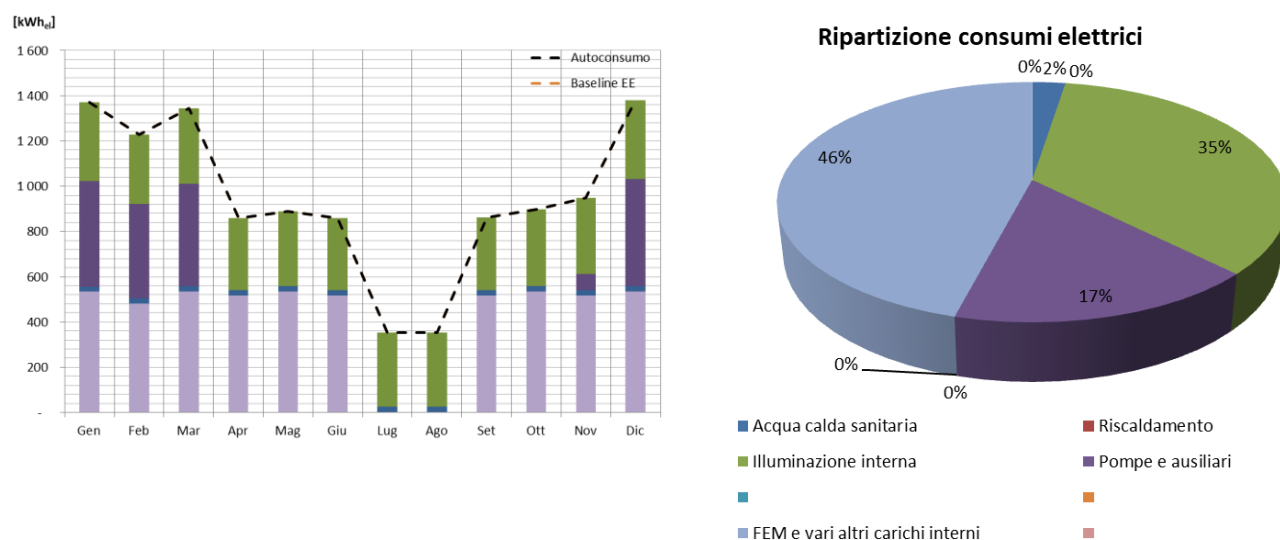
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Si precisa inoltre che alla categoria "FEM e vari altri carichi interni" è stato attribuito il valore di 5.196 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 dell'illuminazione interna e delle pompe del sistema di riscaldamento (assieme fanno il 52%), pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 16220050528866: 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 elencato:

- POD 1 – IT001E11726547: 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: IT001E11726547	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	PIAZZA CHIESA MURTA SCUO GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW
Potenza elettrica disponibile	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA4	BTA4	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07330 €/kWh	0,07343 €/kWh	0,03859 €/kWh	0,03532 €/kWh	0,04783 €/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 riferimento

POD: IT001E11726 547	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	107	26	222	18	37	411	1 468	0,280
Feb – 14	104	27	217	18	37	403	1 430	0,282
Mar – 14	85	22	184	15	31	336	1 177	0,285
Apr – 14	77	25	170	13	28	313	1 072	0,292
Mag – 14	42	13	107	7	17	187	594	0,315
Giu – 14	26	8	76	5	12	127	365	0,348
Lug – 14	13	4	52	2	7	79	185	0,428
Ago – 14	8	3	44	1	6	61	118	0,519
Set – 14	31	9	83	5	13	141	416	0,339
Ott – 14	64	17	140	11	23	255	847	0,302
Nov – 14	89	24	185	15	31	345	1 187	0,290
Dic – 14	83	23	176	14	30	325	1 117	0,291
Totale	731	200	1 656	125	271	2 983	9 976	0,299

POD: IT001E11726 547	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	96	25	137	16	27	302	1 311	0,230
Feb – 15	90	23	129	15	26	283	1 219	0,232
Mar – 15	88	23	128	15	25	279	1 201	0,232
Apr – 15	56	15	94	10	18	193	794	0,243
Mag – 15	21	6	88	7	12	134	533	0,251
Giu – 15	15	4	74	5	10	107	372	0,289
Lug – 15	6	2	57	2	7	73	154	0,471
Ago – 15	6	2	57	2	7	73	160	0,459
Set – 15	14	4	80	5	10	114	428	0,266
Ott – 15	30	10	131	12	18	201	974	0,206
Nov – 15	47	11	173	18	25	273	1 444	0,189
Dic – 15	39	10	151	15	21	236	1 204	0,196
Totale	508	133	1 299	122	206	2 269	9 794	0,232

POD: IT001E11726 547	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	41	14	154	17	23	248	1 349	0,184
Feb - 16	53	14	153	17	24	259	1 331	0,195
Mar - 16	37	10	125	13	18	203	1 004	0,203
Apr - 16	34	17	105	13	17	186	1 042	0,178
Mag - 16	35	18	107	13	17	190	1 069	0,178
Giu - 16	26	11	75	9	12	132	683	0,194
Lug - 16	27	14	70	8	12	130	623	0,209
Ago - 16	22	12	64	7	10	115	555	0,208
Set - 16	33	16	80	9	14	151	744	0,204
Ott - 16	70	19	121	15	23	248	1 226	0,202
Nov - 16	89	22	136	18	27	292	1 409	0,207
Dic - 16	75	19	120	15	23	253	1 217	0,208
Totale	540	186	1 311	153	219	2 409	12 252	0,197

Nel grafico in Figura 7.11 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

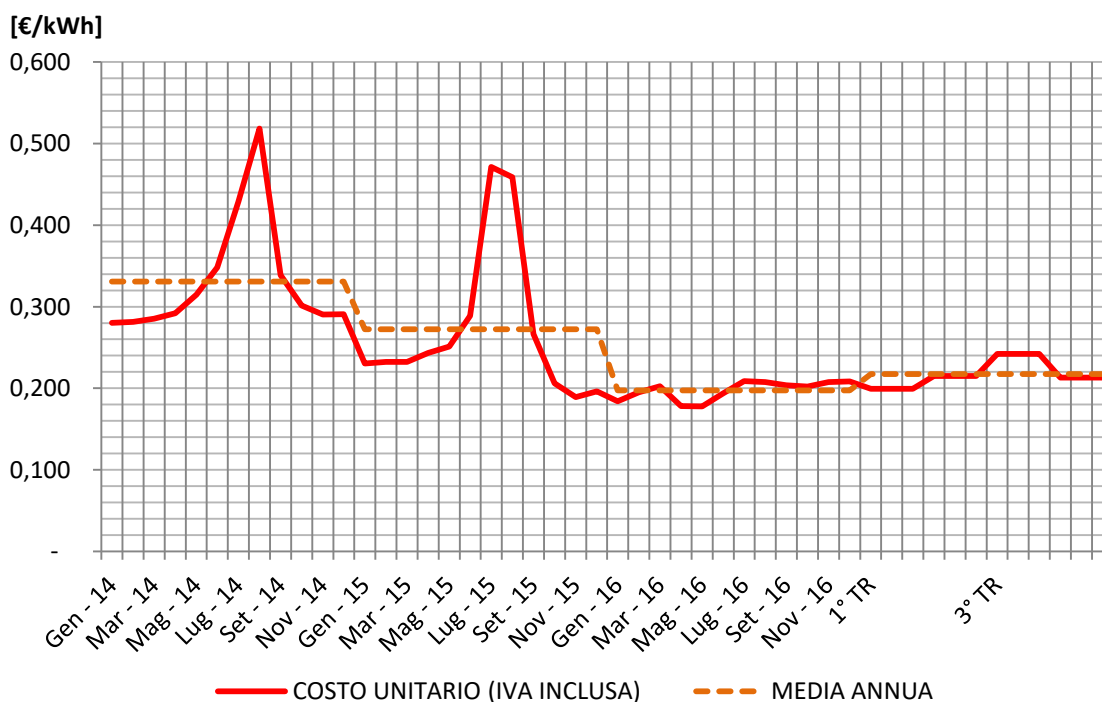
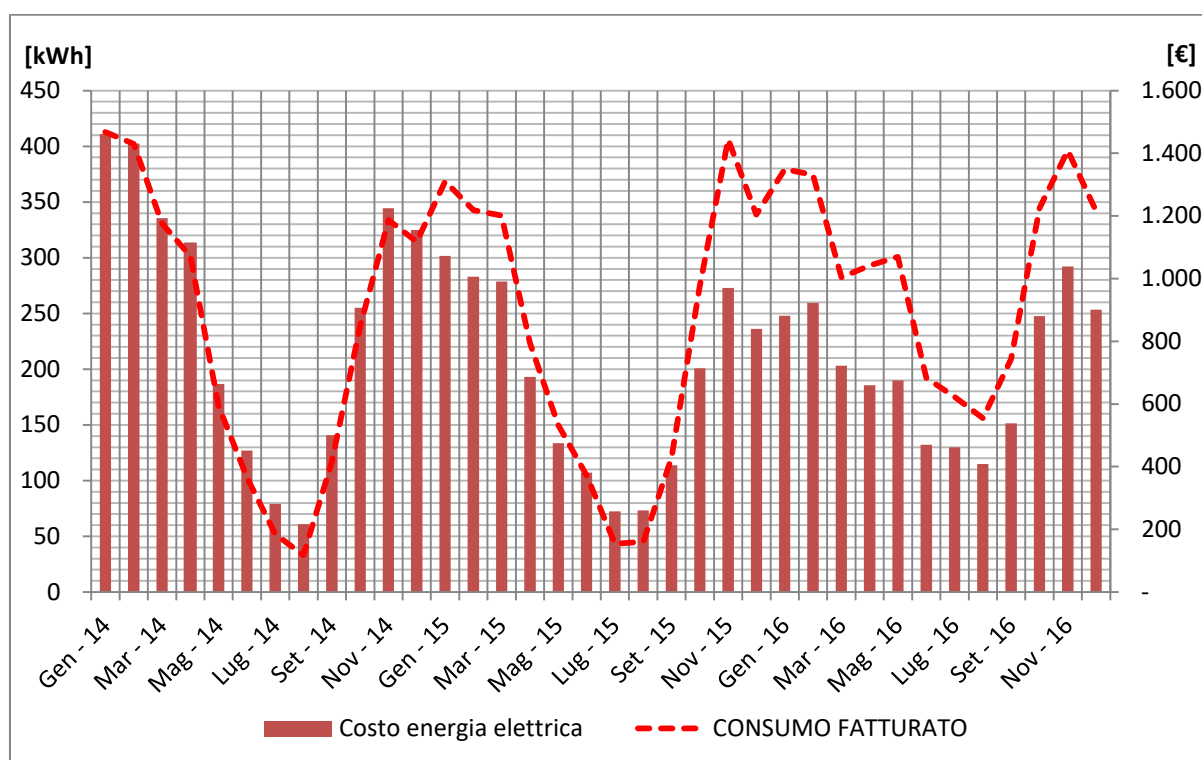


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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.	9.976	2.983	0,299	n.d.
2015	n.d.	n.d.	n.d.	9.794	2.269	0,232	n.d.
2016	n.d.	n.d.	n.d.	12.252	2.409	0,197	n.d.
2017	-	-	0,082	-	-	0,213	-
Media	n.d.	n.d.	n.d.	10.674	2.554	0,235	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}	0,083 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C _{uEE}	0,217 [€/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:

- L1-042-098: 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 14.459,57 €.

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	6.369 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s	1.693 [€/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:

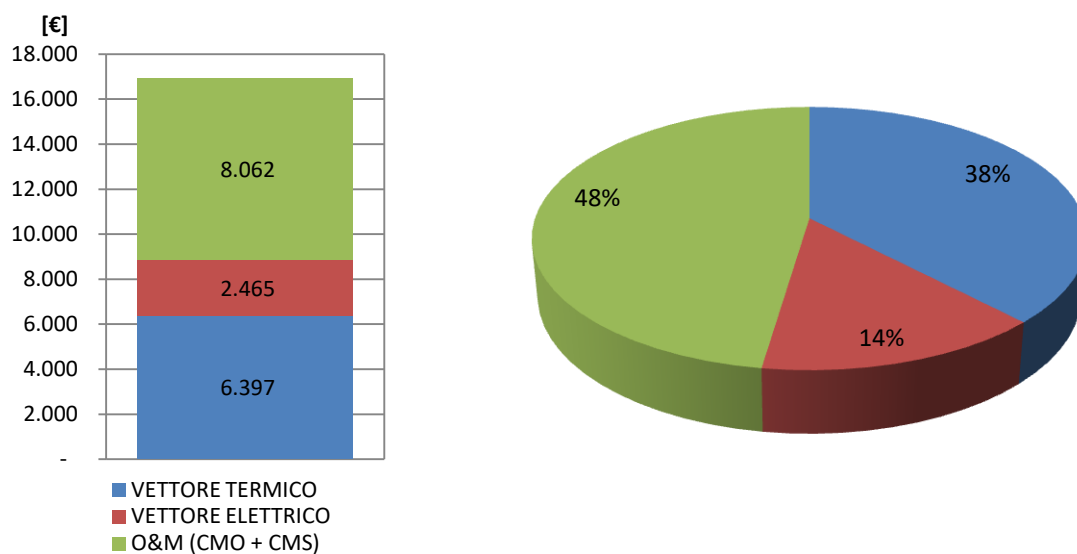
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 8.863 e un $C_{baseline}$ pari a € 16.925

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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
76 691	0,083	6 397	11 340	0,217	2 465	8 062	6 369	1 693	16 925

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

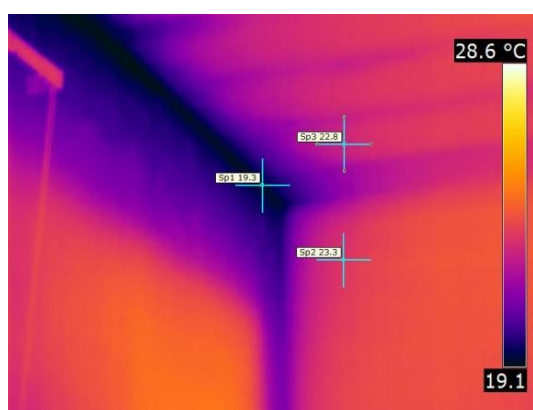
EEM1: Isolamento solaio di copertura e solaio palestra

Generalità

La misura prevede l'applicazione all'intradosso dei solai di un pannello di lana di vetro dello spessore di 10 cm applicato su una struttura metallica di supporto ed uno strato di finitura consistente di una lastra di cartongesso fibrorinforzato, al fine di ridurre le dispersioni termiche dei solai di copertura verso l'esterno. In particolare l'intervento riguarda il solaio di copertura del secondo piano, della palestra e del refettorio.

L'inserimento di una lastra di lana di vetro consente di ridurre le dispersioni termiche dell'involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico.

Figura 8.1 – Particolare del solaio di copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'inserimento di un pannello isolante in lana di vetro richiede la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di conservazione del solaio esistente, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro opaco in modo significativo (10-15%).

La finitura materica di rivestimento del pannello ed il colore dello stesso devono essere scelti in funzione ed in relazione alla funzione dell'edificio ed alla compatibilità estetica.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento solaio di copertura

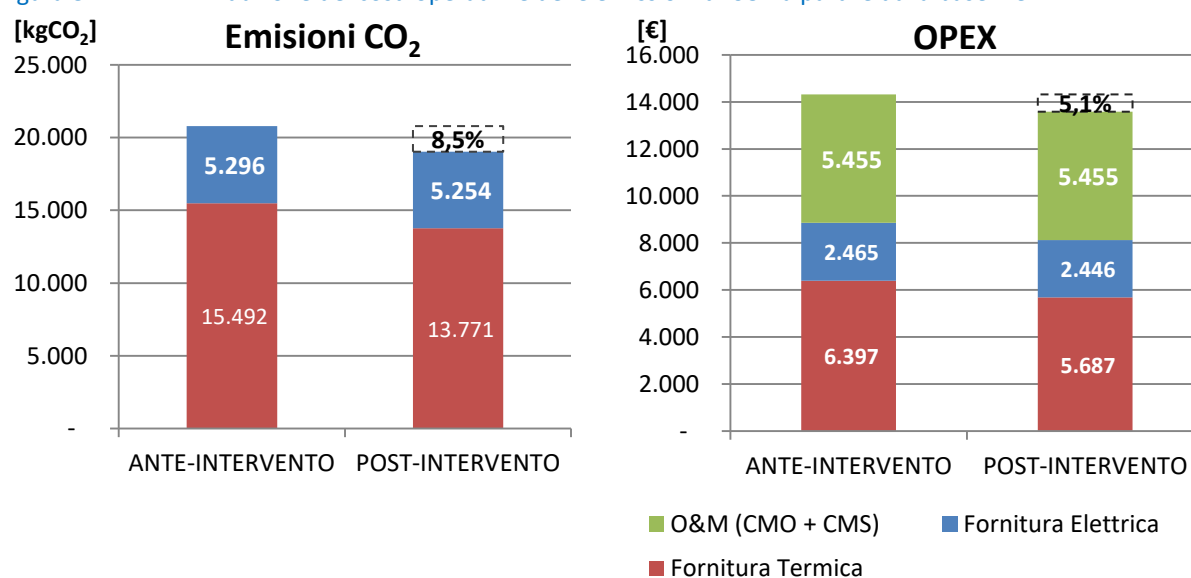
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,193	0,245	79,5%
Q _{teorico}	[kWh]	76 395	67 912	11,1%
EE _{teorico}	[kWh]	11 315	11 225	0,8%
Q _{baseline}	[kWh]	76 691	68 174	11,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	11 340	11 250	0,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15 492	13 771	11,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5 296	5 254	0,8%

Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	20 787	19 025	8,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6 397	5 687	11,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2 465	2 446	0,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8 863	8 133	8,2%
C _{MO}	[€]	6 369	6 369	0,0%
C _{MS}	[€]	1 693	1 693	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8 062	8 062	0,0%
OPEX	[€]	16 925	16 195	4,3%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/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: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM2: Sostituzione infissi

Generalità

La misura prevede la sostituzione di tutti gli infissi attualmente presenti nell'edificio al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso l'involucro trasparente.

L'installazione di infissi in PVC con vetrocamera e trattamento basso emissivo consente di ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro trasparente, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico e alla riduzione dei consumi termici per la climatizzazione invernale.

Figura 8.3 – Particolare della facciata esterna dell'edificio



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di infissi in PVC richiede la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di conservazione della finestra esistente, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre la trasmissione dell'involucro trasparente in modo significativo (20-25%).

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia 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 EEM2 sono riportati nella Tabella 8.12 e nella Figura 8.24.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione infissi

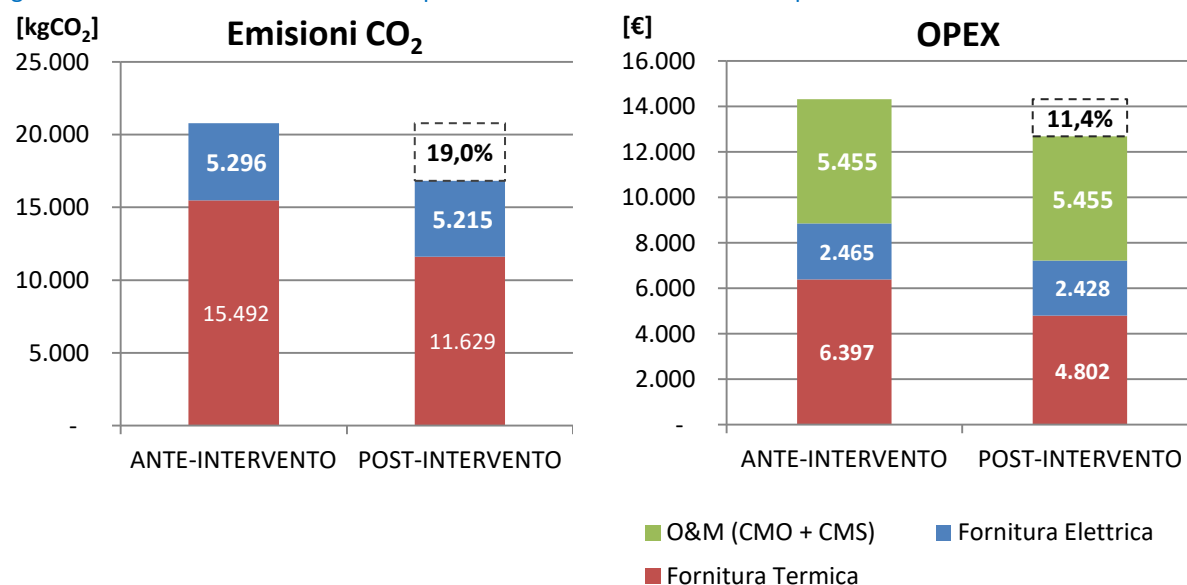
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,7	1,334	76,6%
Q _{teorico}	[kWh]	76 395	57 345	24,9%
EE _{teorico}	[kWh]	11 315	11 142	1,5%
Q _{baseline}	[kWh]	76 691	57 567	24,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	11 340	11 167	1,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15 492	11 629	24,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5 296	5 215	1,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20 787	16 844	19,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6 397	4 802	24,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2 465	2 428	1,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8 863	7 230	18,4%
C _{MO}	[€]	6 369	6 369	0,0%
C _{MS}	[€]	1 693	1 693	0,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8 062	8 062	0,0%
OPEX	[€]	16 925	15 292	9,6%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

Figura 8.4 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Caldaia a condensazione

Generalità

La misura prevede l'installazione di una caldaia modulare murale a condensazione a servizio dell'impianto di riscaldamento al fine di garantire rendimenti del sistema di generazione maggiori ed in linea con il nuovo quadro normativo.

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

Figura 8.5 – Particolare della centrale termica



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo generatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

Prestazioni raggiungibili

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

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

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	0,88	0,98	-11,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	76 395	36 623	52,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	11 315	11 311	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	76 691	36 765	52,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	11 340	11 336	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15 492	7 426	52,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5 296	5 294	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20 787	12 720	38,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	6 397	3 067	52,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2 465	2 465	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8 863	5 531	37,6%

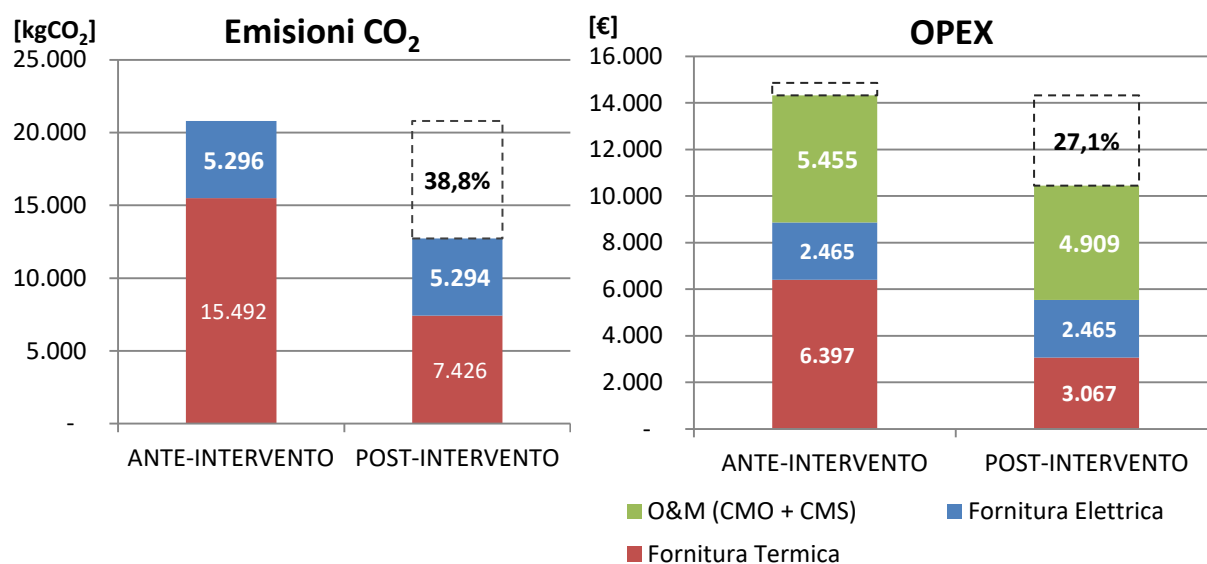
C _{MO}	[€]	6 369	5 732	10,0%
C _{MS}	[€]	1 693	1 524	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8 062	7 256	10,0%
OPEX	[€]	16 925	12 787	24,4%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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

Figura 8.6 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM4: Pompe a portata variabile

Generalità

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

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

Figura 8.7 – Particolare pompe di circolazione



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 8.1 e nella Figura 8.28.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione pompa inverter

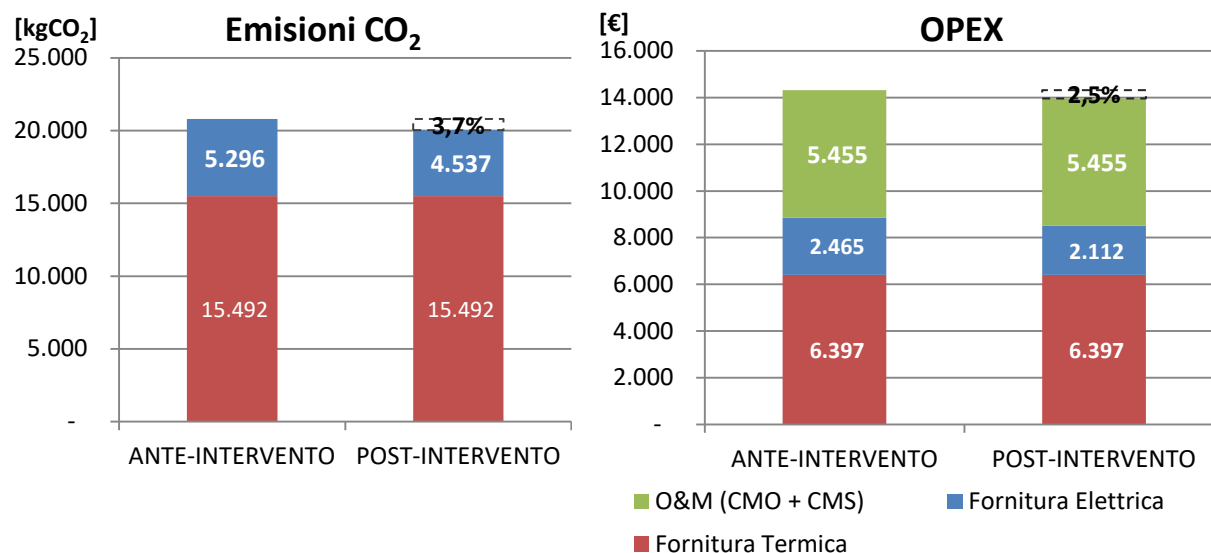
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 - assorbimento elettrico	[W]	1100	150	86,4%
Q _{teorico}	[kWh]	76 395	76 395	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	11 315	9 694	14,3%
Q _{baseline}	[kWh]	76 691	76 691	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	11 340	9 715	14,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15 492	15 492	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5 296	4 537	14,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20 787	20 029	3,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6 397	6 397	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2 465	2 112	14,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8 863	8 509	4,0%
C _{MO}	[€]	6 369	6 369	0,0%
C _{MS}	[€]	1 693	1 693	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8 062	8 062	0,0%
OPEX	[€]	16 925	16 572	2,1%

Classe energetica	[-]	G	G	-
-------------------	-----	---	---	---

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/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 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM5: 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 8.9 – Particolare terminali di emissione



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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 EEM5 sono riportati nella Tabella 8.15 e nella Figura 8.210.

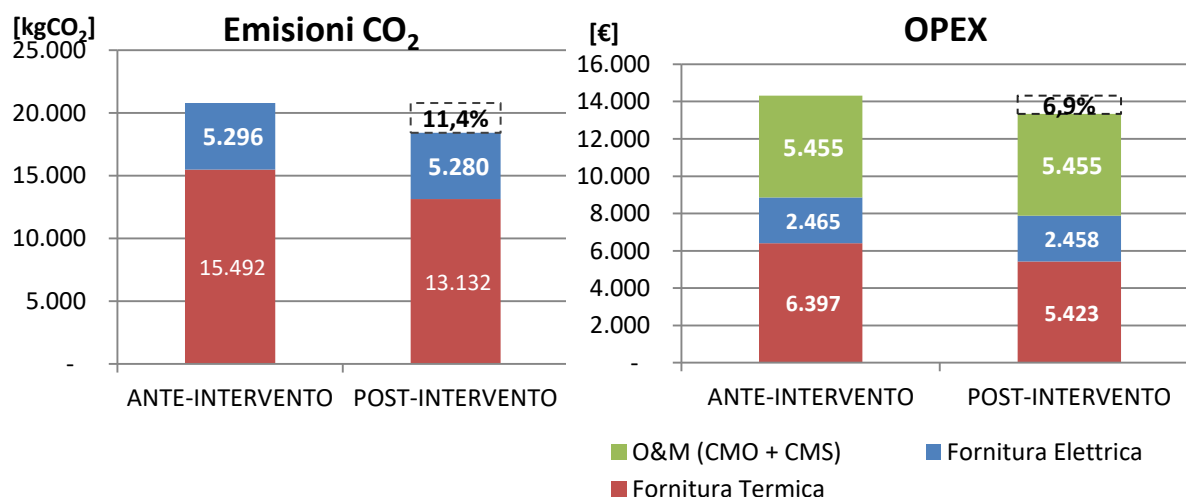
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 - Rendimento regolazione	[-]	86	99	-15,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	76 395	64 759	15,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	11 315	11 282	0,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	76 691	65 010	15,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	11 340	11 307	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15 492	13 132	15,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5 296	5 280	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20 787	18 412	11,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	6 397	5 423	15,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2 465	2 458	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8 863	7 881	11,1%
C_{MO}	[€]	6 369	6 369	0,0%
C_{MS}	[€]	1 693	1 693	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	8 062	8 062	0,0%
OPEX	[€]	16 925	15 944	5,8%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

Figura 8.10 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

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

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

Si precisa che utilizzando i costi unitari dell'area di riferimento tali interventi non risultano economicamente convenienti nemmeno combinati in scenari con altri interventi.

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

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento solaio copertura

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella posa di un pannello isolante in lana di vetro da applicare all'intradosso del solaio di copertura del piano secondo, della palestra e del refettorio.

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:

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento solaio di copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Pannello in lana di roccia 10cm	Liguria 2017	350	€/mq	14,337	5 017,95 €	1 103,95 €	6 121,90 €
Posa pannello isolante	Liguria 2017	350	€/mq	4,221	1 477,35 €	325,02 €	1 802,37 €
Lastra in catongesso	Liguria 2017	350	€/mq	8,766	3 068,10 €	674,98 €	3 743,08 €
Costi per la sicurezza				3%	286,90 €	63,12 €	350,02 €
Costi per la progettazione				7%	669,44 €	147,28 €	816,71 €
TOTALE (I₀)					10 519,74 €	2 314,34 €	12 834,08 €
Incentivi	Conto termico						5.134,00 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							1.027,00 €

EEM2: Sostituzione infissi

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione degli infissi presenti con nuovi in PVC e vetrocamera con rivestimento basso emissivo.

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:

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Infissi in PVC

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione infissi	Liguria 2017	130	€/mq	12,159	1 580,67 €	347,75 €	1 928,42 €
Fornitura infissi in PVC	Liguria 2017	130	€/mq	296,01	38 481,30 €	8 465,89 €	46 947,19 €
Posa in opera infissi	Liguria 2017	130	€/mq	42,858	5 571,54 €	1 225,74 €	6 797,28 €
Costi per la sicurezza				3%	1 369,01 €	301,18 €	1 670,19 €
Costi per la progettazione				7%	3 194,35 €	702,76 €	3 897,10 €
TOTALE (I₀)					50 196,86 €	11 043,31 €	61 240,17 €
Incentivi	Conto termico						24.496,00 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							4.899,00 €

EEM3: Sostituzione generatore di calore

Nella Tabella 9.3 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell’installazione di due generatori modulari a gas a condensazione.

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:

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Generatore a condensazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione vecchio generatore	CCIAA RE	1	cad	1284,21	1 284,21 €	282,53 €	1 566,74 €
Posa in opera di caldaia a condensazione	Liguria 2017	2	cad	299,196	598,39 €	131,65 €	730,04 €
Caldaia a condensazione da 88 kW	Liguria 2017	4	cad	5387,949	21 551,80 €	4 741,40 €	26 293,19 €
Costi per la sicurezza				3%	703,03 €	154,67 €	857,70 €
Costi per la progettazione				7%	1 640,41 €	360,89 €	2 001,30 €
TOTALE (I₀)					25 777,84 €	5 671,12 €	31 448,96 €
Incentivi	Conto termico						12.580,00 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							2.516,00 €

EEM4: Installazione circolatore a giri variabili

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Circolatore inverter

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa in opera di nuovo circolatore	Liguria 2017	1	cad	45,054	45,05 €	9,91 €	54,97 €
Fornitura di circolatore inverter DN40 gemellare	Liguria 2017	1	cad	1724,832	1 724,83 €	379,46 €	2 104,30 €
Costi per la sicurezza				3%	53,10 €	11,68 €	64,78 €
Costi per la progettazione				7%	123,89 €	27,26 €	151,15 €
TOTALE (I₀)					1 946,87 €	428,31 €	2 375,19 €

EEM5: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.5 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nell’installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti dell’edificio.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	28	cad	37,233	1 042,52 €	229,36 €	1 271,88 €
Costi per la sicurezza				3%	31,28 €	6,88 €	38,16 €
Costi per la progettazione				7%	72,98 €	16,05 €	89,03 €
TOTALE (I₀)					1 146,78 €	252,29 €	1 399,07 €

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: Isolamento solaio copertura

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento solaio copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	12 834
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	1 027
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	16,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	26,6
Valore attuale netto	VAN	752
Tasso interno di rendimento	TIR	4,5%
Indice di profitto	IP	0,06

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

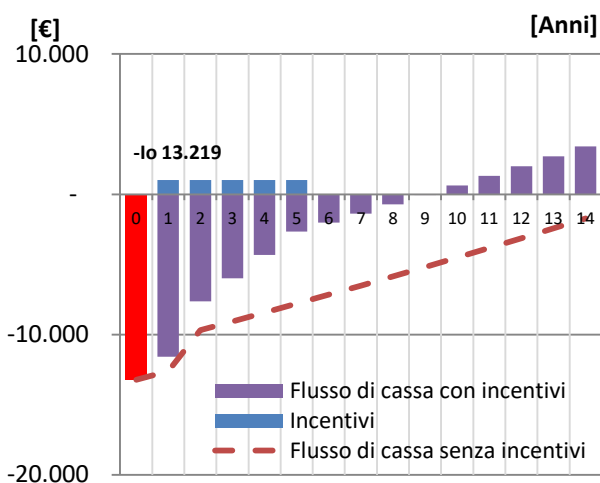
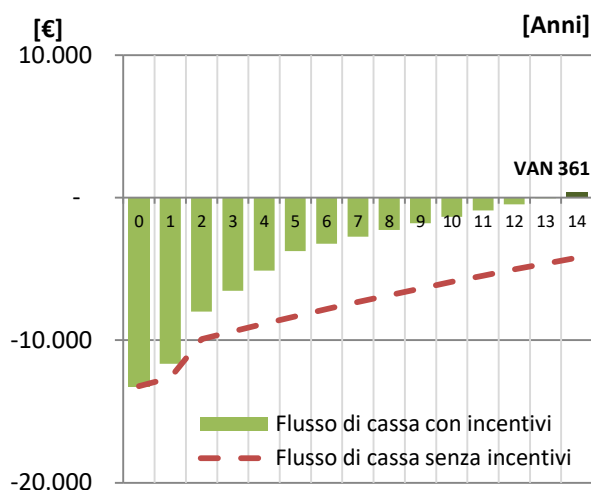


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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: Sostituzione infissi

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Sostituzione infissi

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	61 240
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	4 899
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	32,8	18,6
Tempo di rientro attualizzato	TRa	51,6	32,4
Valore attuale netto	VAN	- 26 404	- 4 594
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,7%	3,0%
Indice di profitto	IP	-0,43	-0,08

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

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

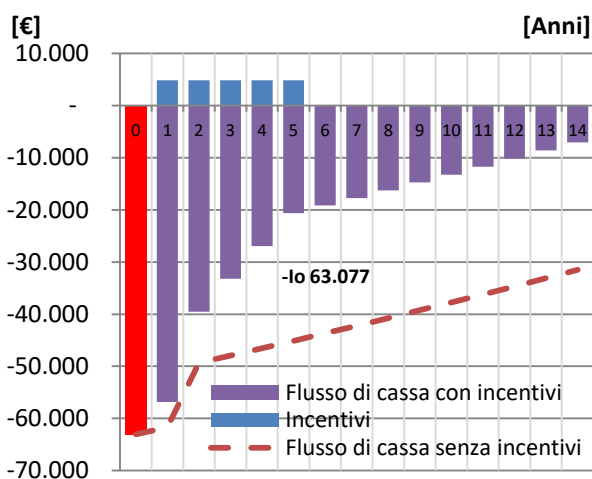
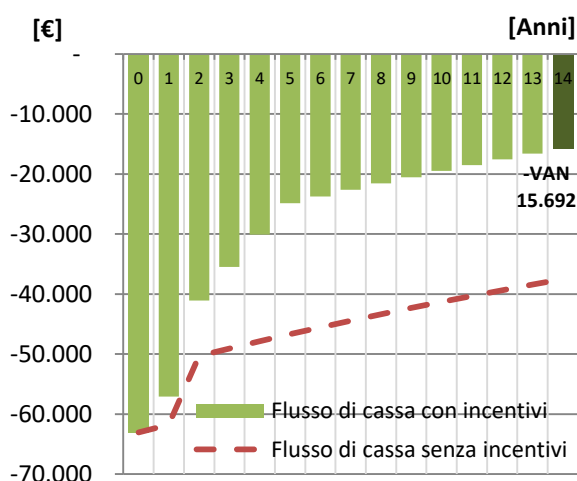


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM3: Generatore di calore a condensazione

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Generatore di calore a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 31 449
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 2 516
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 7,6	4,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA 9,4	5,6
Valore attuale netto	VAN 11 425	22 625
Tasso interno di rendimento	TIR 9,3%	15,7%
Indice di profitto	IP 0,36	0,72

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

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

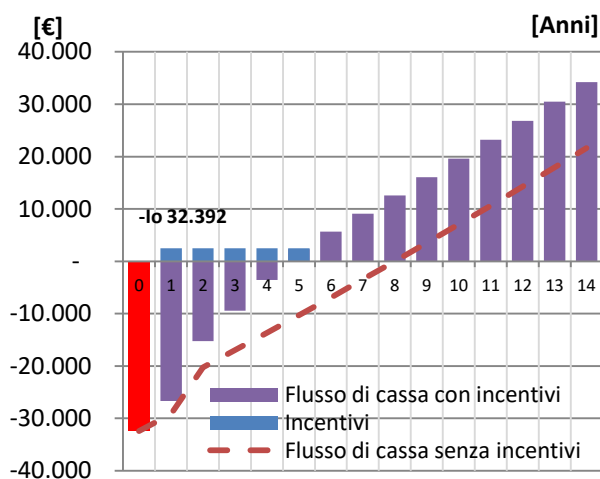
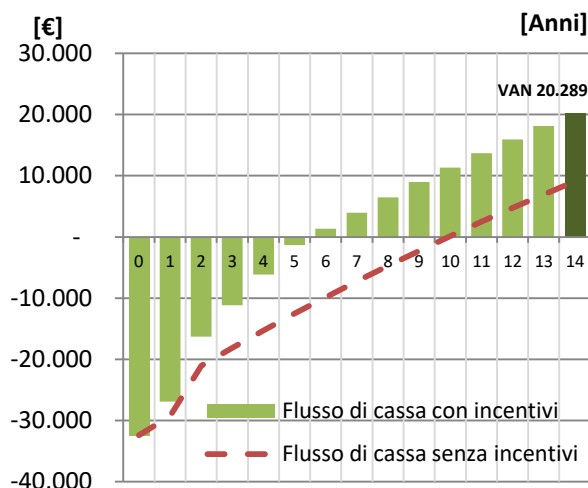


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento è economicamente conveniente con o senza incentivi.

EEM4: Sostituzione circolatore

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Circolatore inverter

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	2 375
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,7	-
Tempo di rientro attualizzato	TRA	8,0	-
Valore attuale netto	VAN	1 274	-
Tasso interno di rendimento	TIR	11,6%	-
Indice di profitto	IP	0,54	-

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

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

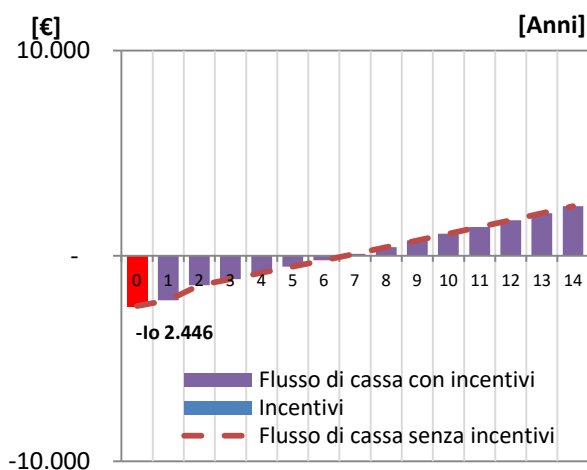
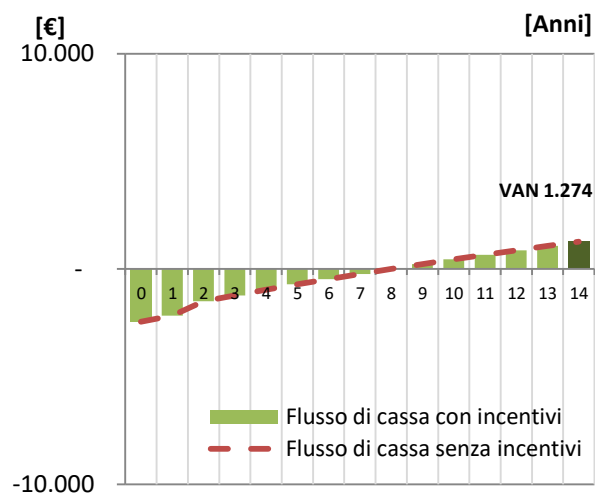


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento è economicamente conveniente con o senza incentivi.

EEM5: Valvole termostatiche

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– Valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 1 399
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	1,5 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,6 -
Valore attuale netto	VAN	8 029 -
Tasso interno di rendimento	TIR	61,7% -
Indice di profitto	IP	5,74 -

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

Figura 9.9 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

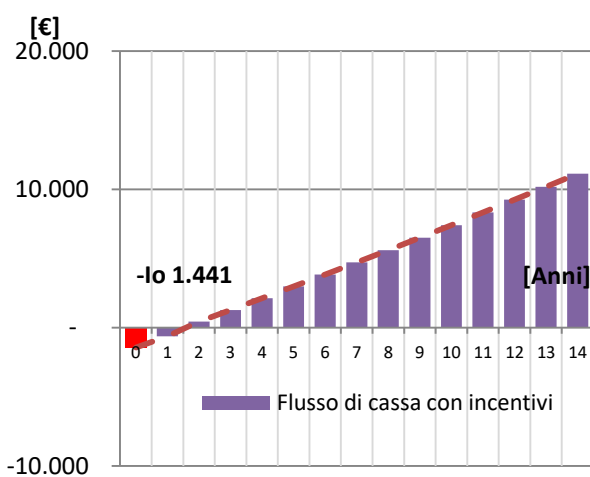
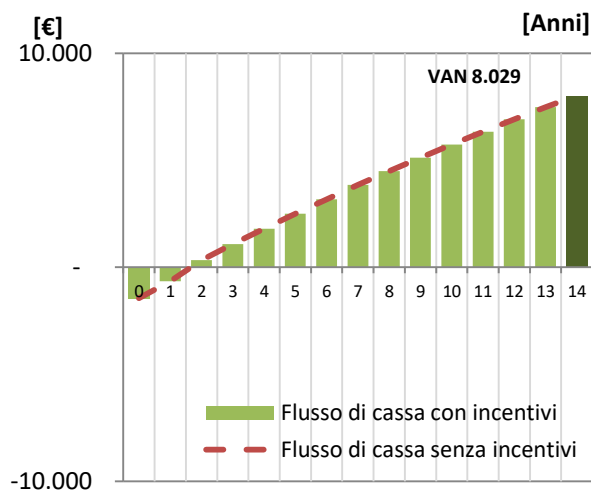


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento è economicamente conveniente con o senza incentivi.

Sintesi

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

Tabella 9.11 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	8,5	8,5	730	-	-	12 834	16,4	26,6	30	752	4,5	0,06
EEM 2	19,0	19,0	1 633	-	-	61 120	32,8	51,6	30	-26 404	-0,7	-0,43
EEM 3	38,8	38,8	3 331	637	169	31 449	7,6	9,4	15	11 425	9,3	0,36
EEM 4	3,7	3,7	353	-	-	2 375	6,7	8,0	15	1 274	11,6	0,54
EEM 5	11,4	11,4	982	-	-	1 399	1,5	1,6	15	8 029	61,7	5,74

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;

Tabella 9.12 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	8,5	8,5	730	-	-	12 834	16,4	13,6	30	5 323	8,5	0,41
EEM 2	19,0	19,0	1 633	-	-	61 120	18,6	32,4	30	-4 594	3,0	-0,08
EEM 3	38,8	38,8	3 331	637	169	31 449	4,5	5,6	15	22 625	15,7	0,72
EEM 4	3,7	3,7	353	-	-	2 375	6,7	8,0	15	1 274	11,6	0,54
EEM 5	11,4	11,4	982	-	-	1 399	1,5	1,6	15	8 029	61,7	5,74

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

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

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, TRS ≤ 15 anni;

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell’equity, ossia il rendimento atteso dall’investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l’Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l’aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell’aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

L’ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

Per gli scenari ottimali, si è quindi proceduto ad una valutazione della sostenibilità finanziaria. Gli indicatori di bancabilità utilizzati sono:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo. Esprime la capacità dell’investimento di rimborsare il servizio del debito (capitale e interessi) per tutta la durata del finanziamento;
- LLCR (Loan Life Cover Ratio) medio di periodo. Esprime la capacità del progetto di generare flussi di cassa positivi dopo aver ripagato il servizio del debito.

Essi sono così definiti:

- 1) Debt Service Cover Ratio (DSCR):

$$DSCR = \frac{FCO_n}{K_n + I_t}$$

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell’anno corrente n-esimo;
- K_n è la quota capitale da rimborsare nell’anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell’anno tn-esimo.

- 2) Loan Life Cover Ratio (LLCR):

$$LLCR = \frac{\sum_{n=s}^{s+m} \frac{FCO_n}{(1+i)^n} + R}{D_n}$$

Dove:

- s è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- s+m è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- FCO_n è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- D è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;
- i è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- R è l'eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

Valori positivi (nell'intorno di 1,3) del DSCR indicano convenzionalmente la capacità dell'investimento di generare risorse sufficienti a ripagare il servizio del debito; valori maggiori di 1 del LLCR indicano la liquidità generata dal progetto dopo aver ripagato il debito. Pertanto, per la proposta di scenari ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

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

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

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

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

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO E COPERTURA:** Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore con uno modulare a condensazione (EEM3), l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM5), la sostituzione dell'attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili (EEM4) e l'isolamento all'intradosso della copertura della scuola e della palestra (EEM1).
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione dell'isolamento della copertura all'intradosso (EEM1), la sostituzione degli infissi (EEM2) con la sostituzione del generatore di calore (EEM3) e l'installazione di valvole termostatiche (EEM5).

9.3.1 Scenario 1: IMPIANTO TERMICO E COPERTURA

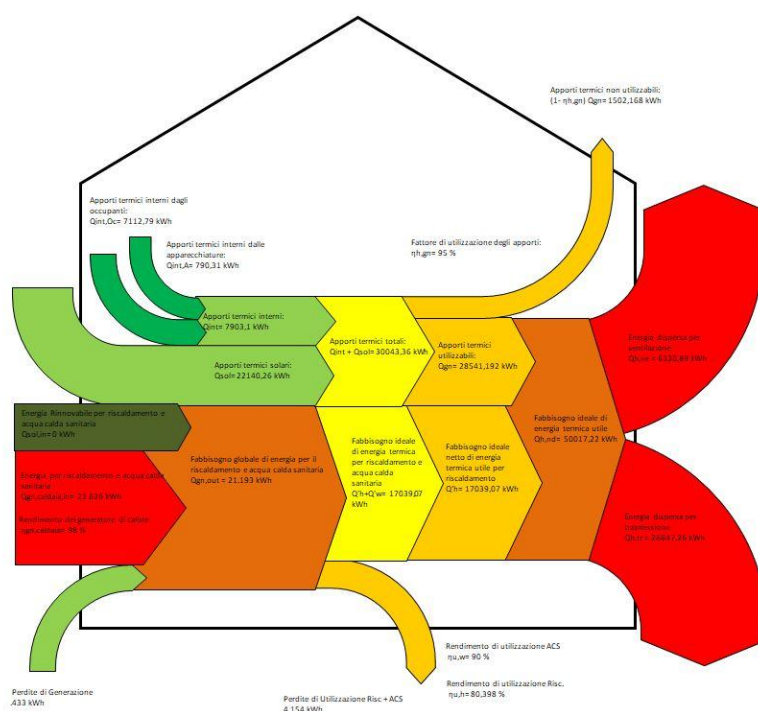
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	9 563,40 €	2 103,95 €	11 667,35 €
EEM3 Fornitura & Posa	23 434,40 €	5 155,57 €	28 589,97 €
EEM4 Fornitura & Posa	1 769,89 €	389,37 €	2 159,26 €
EEM5 Fornitura & Posa	1 042,52 €	229,36 €	1 271,88 €
Costi per la sicurezza	1 074,31 €	236,35 €	1 310,65 €
Costi per la progettazione	2 506,71 €	551,48 €	3 058,19 €
TOTALE (I₀)	39 391,23 €	8 666,07 €	48 057,30 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	4 309,44 €	1 145,55 €	5 454,99 €
EEM3 O&M	3 878,50 €	1 030,99 €	4 909,49 €
EEM4 O&M	4 309,44 €	1 145,55 €	5 454,99 €
EEM5 O&M	4 309,44 €	1 145,55 €	5 454,99 €
TOTALE (C_M)	3 878,50 €	1 030,99 €	4 909,49 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	24 028,65 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		4 805,73 €	

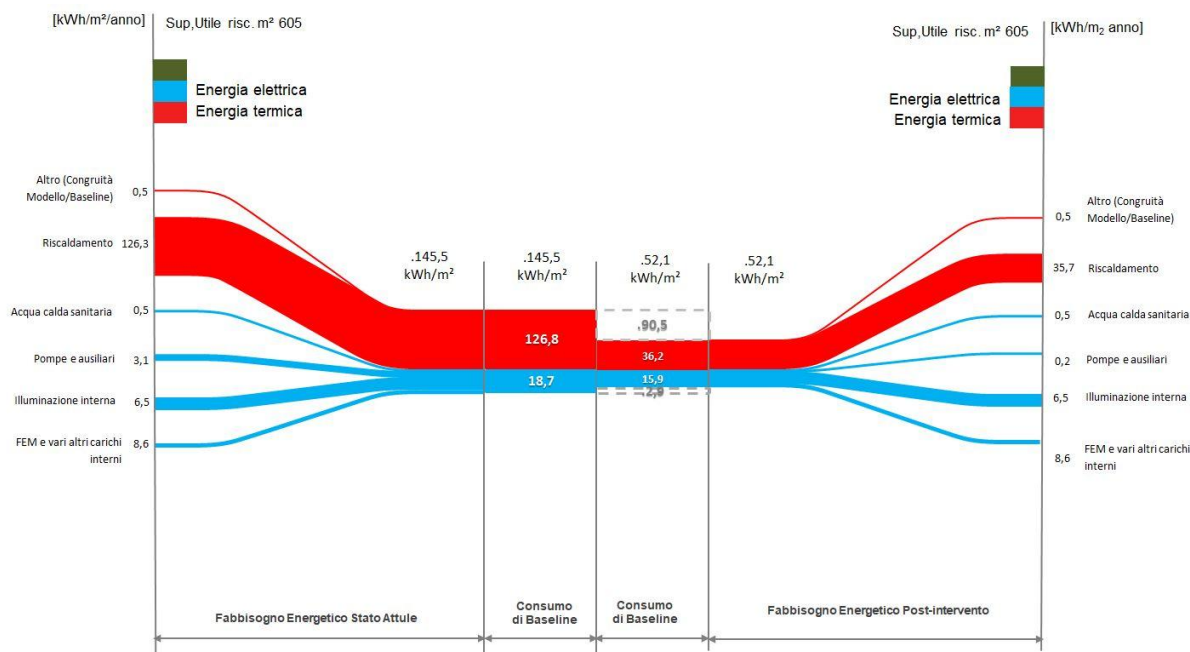
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



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

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



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

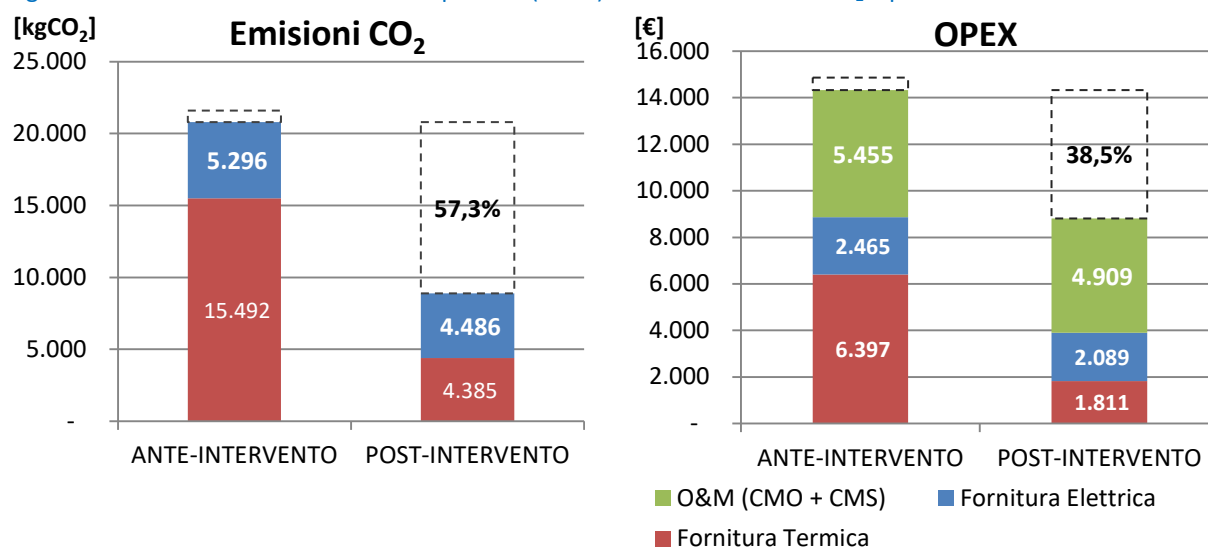
Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,193	0,245	79,5%
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	0,88	0,98	-11,4%
EEM4 - assorbimento elettrico	[W]	1100	150	86,4%
EEM5 - Rendimento regolazione	[-]	86	99	-15,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	76 395	21 626	71,7%
$EE_{teorico}$	[kWh]	11 315	9 586	15,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	76 691	21 710	71,7%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	11 340	9 607	15,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15 492	4 385	71,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5 296	4 486	15,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20 787	8 872	57,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	6 397	1 811	71,7%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2 465	2 089	15,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8 863	3 900	56,0%
C_{MO}	[€]	4 309	3 878	10,0%
C_{MS}	[€]	1 146	1 031	10,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	5 455	4 909	10,0%
OPEX	[€]	14 318	8 809	38,5%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.13 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 48 157
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%

E1163 – Scuola primaria “Doge da Murta”

Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	1 445
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	49 602
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	39 682
Equity	I_E	€	9 920
Fattore di annualità Debito	FA_D		8,30
Rata annua debito	q_D	€	4 780
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q_D*n_D	€	47 799
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€	8 117

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	7 264
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	5 455
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€	12 719
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E		56,0%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}		6,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	4 121
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	763
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	31 225
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	5 520
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		44,37%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	1 572
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	580
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1 206
Canone O&M €/anno	CnM	€	5 098
Canone Energia €/anno	CnE	€	3 500
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	8 598
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	3 358
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	11 956
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	8 684
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	24 029
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		6,41
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		7,63
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	15 242
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		10,17%
Indice di Profitto	IP		31,65%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,59

E1163 – Scuola primaria “Doge da Murta”

Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,91
Valore Attuale Netto, VAN = VA - lo	VAN > 0	€ 11 382
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	44,89%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,318
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,333
Indice di Profitto Azionista	IP	23,63%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

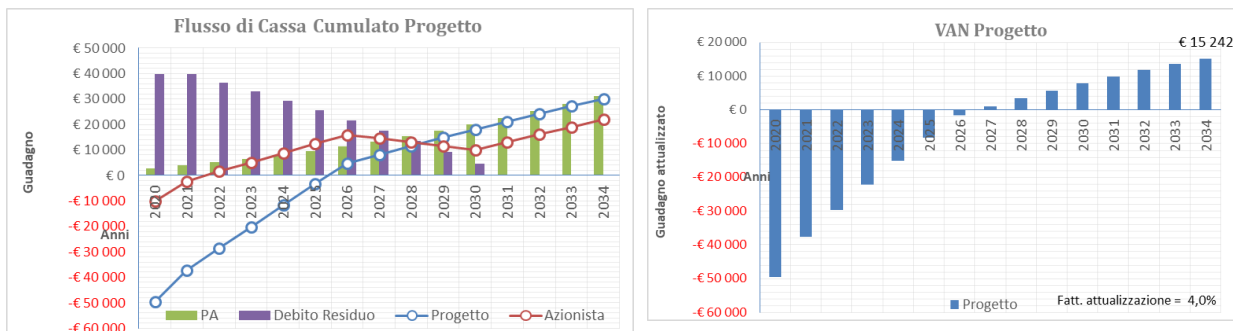
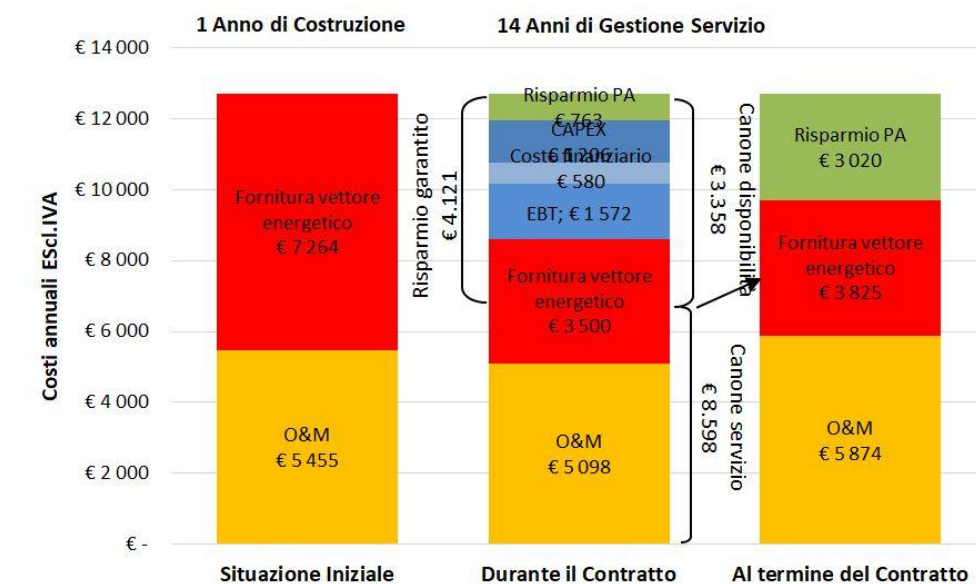


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO

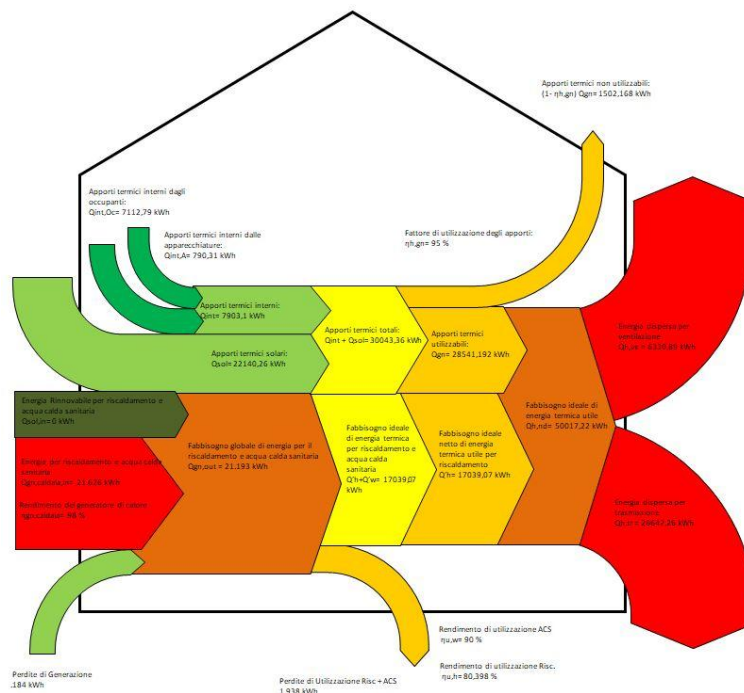
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	9 563,40 €	2 103,95 €	11 667,35 €
EEM2 Fornitura & Posa	45 633,51 €	10 039,37 €	55 672,88 €
EEM3 Fornitura & Posa	23 434,40 €	5 155,57 €	28 589,97 €
EEM5 Fornitura & Posa	1 042,52 €	229,36 €	1 271,88 €
Costi per la sicurezza	2 390,21 €	525,85 €	2 916,06 €
Costi per la progettazione	5 577,17 €	1 226,98 €	6 804,15 €
TOTALE (I₀)	87 641,22 €	19 281,07 €	106 922,28 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	4 309,44 €	1 145,55 €	5 454,99 €
EEM2 O&M	4 309,44 €	1 145,55 €	5 454,99 €
EEM3 O&M	3 878,50 €	1 030,99 €	4 909,49 €
EEM5 O&M	4 309,44 €	1 145,55 €	5 454,99 €
TOTALE (C_M)	3 878,50 €	1 030,99 €	4 909,49 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	53 461,14 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		10 692,23 €	

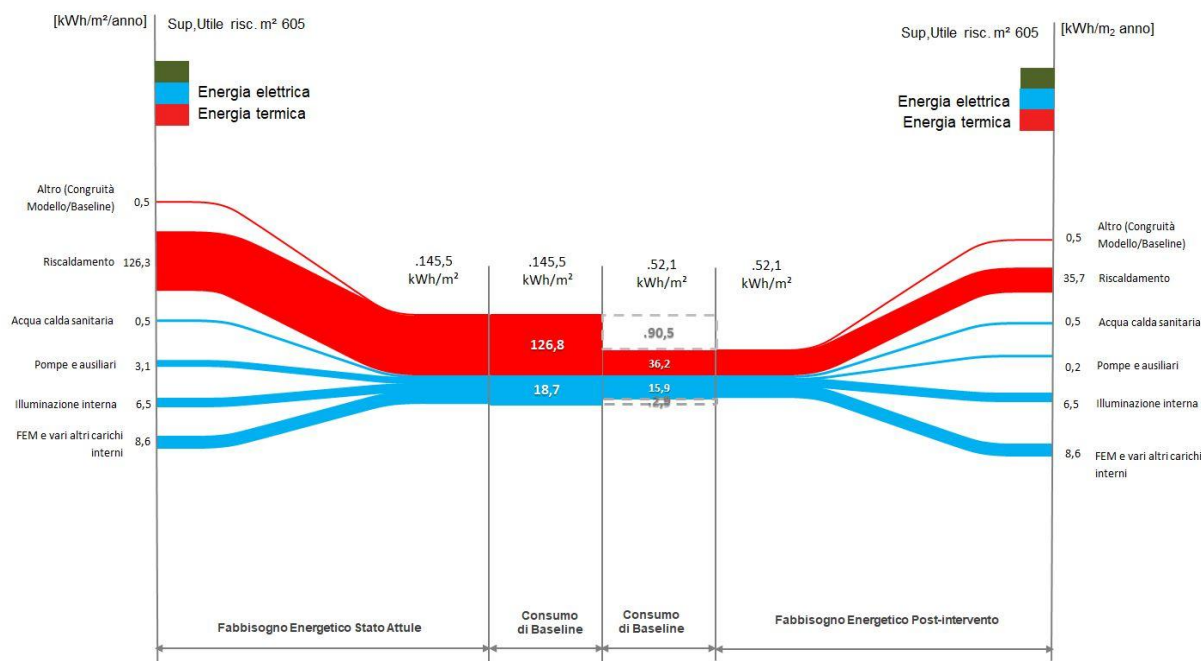
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.17 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



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

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



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.14 Tabella 9.19 e nella Figura 9.19.

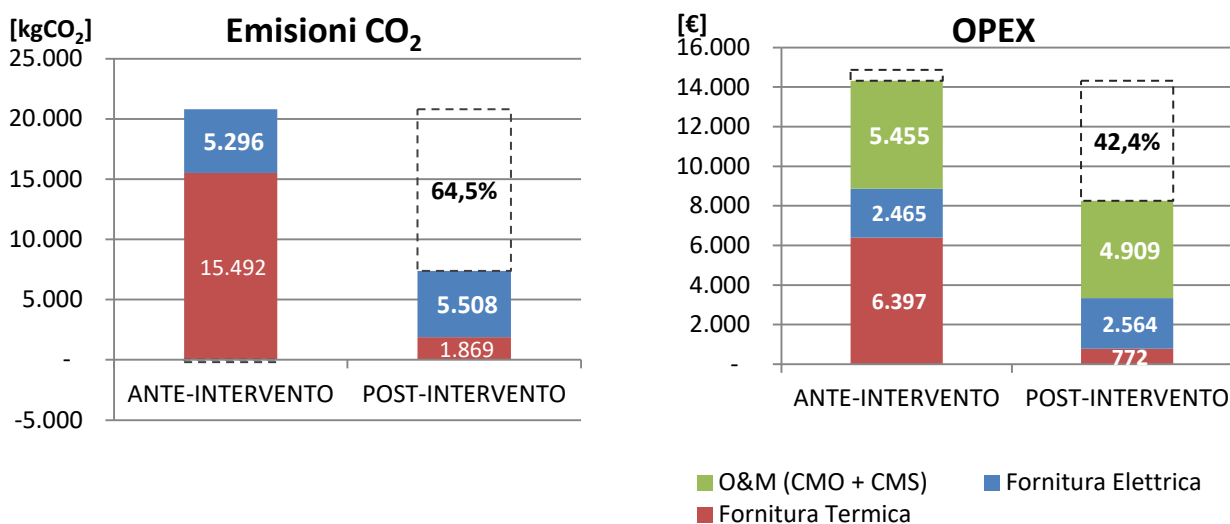
Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 –INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,193	0,245	79,5%
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	0,88	0,98	-11,4%
EEM4 - assorbimento elettrico	[W]	1100	150	86,4%
EEM5 - Rendimento regolazione	[-]	86	99	-15,1%
Q _{teorico}	[kWh]	76 395	9 216	87,9%
EE _{teorico}	[kWh]	11 315	11 768	-4,0%
Q _{baseline}	[kWh]	76 691	9 252	87,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	11 340	11 794	-4,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15 492	1 869	87,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5 296	5 508	-4,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20 787	7 377	64,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6 397	772	87,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2 465	2 564	-4,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8 863	3 336	62,4%
C _{MO}	[€]	4 309	3 878	10,0%
C _{MS}	[€]	1 146	1 031	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	5 455	4 909	10,0%

OPEX	[€]	14 318	8 245	42,4%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.19 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– INVOLUCRO E IMPIANTO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	2
Anni Gestione Servizio	n_s	23
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	18
Anni Equity	n_E	23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 106 922
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3 208
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 110 130
%CAPEX a Debito	D	80,0%

%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 88 104
Equity	I _E	€ 22 026
Fattore di annualità Debito	FA _D	13,00
Rata annua debito	q _D	€ 6 775
Costo finanziamento, (D+INT _D)	q _D *n _D	€ 121 948
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 33 844

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 7 264
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 5 455
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{Baseline}	€ 12 719
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	62,4%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	4,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 4 277
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 509
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 64 043
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 6 849
N° di Canoni annuali	anni	23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	14,01%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 671
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 1 471
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 1 626
Canone O&M €/anno	CnM	€ 5 241
Canone Energia €/anno	CnE	€ 3 201
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 8 442
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 3 768
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 12 210
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 19 281
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 53 461
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2023

Tabella 9.22 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	10,86
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	18,52
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 9 152
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,31%
Indice di Profitto	IP	8,56%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	3,61
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	4,09
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 10 685

Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	31,65%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,132
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,720
Indice di Profitto Azionista	IP	9,99%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

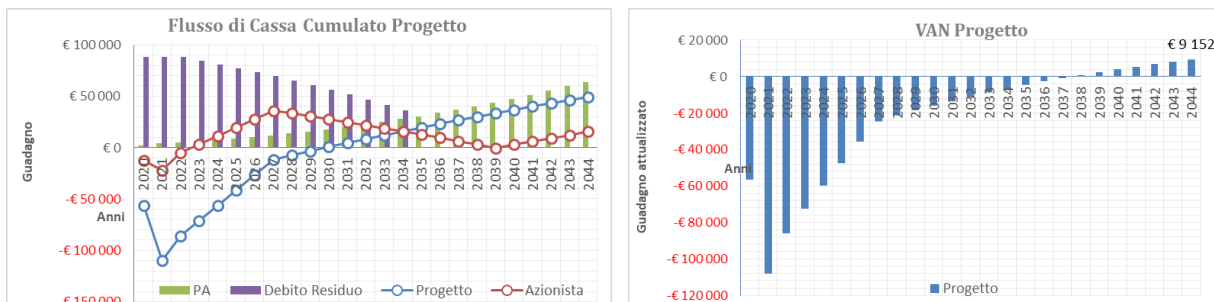
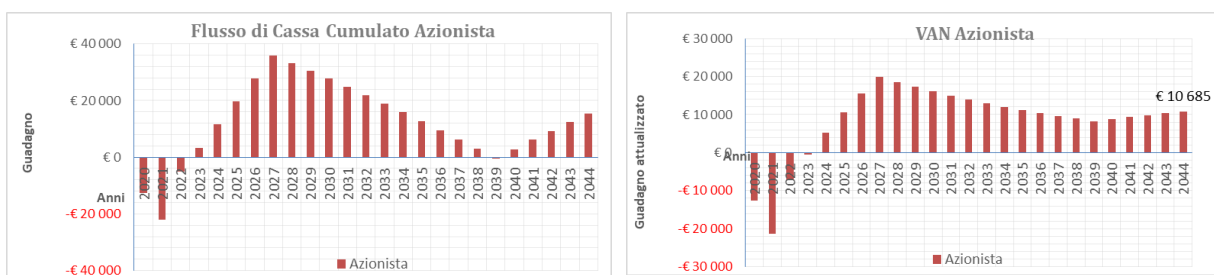
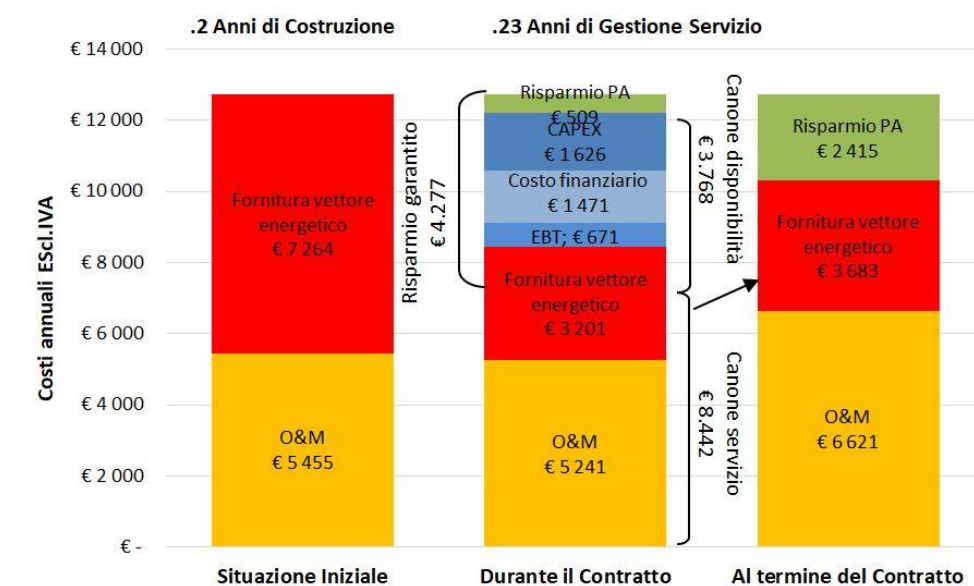


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.22.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Si sono 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 E COPERTURA:** Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore con uno modulare a condensazione (EEM3), l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM5), la sostituzione dell'attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili (EEM4) e l'isolamento all'intradosso della copertura della scuola e della palestra (EEM1).
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione dell'isolamento della copertura all'intradosso (EEM1), la sostituzione degli infissi (EEM2) con la sostituzione del generatore di calore (EEM3) e l'installazione di valvole termostatiche (EEM5).

RISULTATI ANALISI SCN1 – IMPIANTO TERMICO E COPERTURA

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,193	0,245	79,5%
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	0,88	0,98	-11,4%
EEM4 - assorbimento elettrico	[W]	1100	150	86,4%
EEM5 - Rendimento regolazione	[-]	86	99	-15,1%
Q _{teorico}	[kWh]	76 395	21 626	71,7%
EE _{teorico}	[kWh]	11 315	9 586	15,3%
Q _{baseline}	[kWh]	76 691	21 710	71,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	11 340	9 607	15,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15 492	4 385	71,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5 296	4 486	15,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20 787	8 872	57,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6 397	1 811	71,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2 465	2 089	15,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8 863	3 900	56,0%
C _{MO}	[€]	6 369	5 732	10,0%
C _{MS}	[€]	1 693	1 524	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8 062	7 256	10,0%
OPEX	[€]	16 925	11 156	34,1%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Risultati analisi SCN2 –INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,193	0,245	79,5%
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	0,88	0,98	-11,4%
EEM4 - assorbimento elettrico	[W]	1100	150	86,4%
EEM5 - Rendimento regolazione	[-]	86	99	-15,1%
Q _{teorico}	[kWh]	76 395	9 216	87,9%
EE _{teorico}	[kWh]	11 315	11 768	-4,0%
Q _{baseline}	[kWh]	76 691	9 252	87,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	11 340	11 794	-4,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15 492	1 869	87,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5 296	5 508	-4,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20 787	7 377	64,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6 397	772	87,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2 465	2 564	-4,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8 863	3 336	62,4%
C _{MO}	[€]	6 369	5 732	10,0%
C _{MS}	[€]	1 693	1 524	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8 062	7 256	10,0%
OPEX	[€]	16 925	10 592	37,4%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 classi

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	57,3	57,3	4 963	637	169	48 057	2,59	2,91	-	11 382	44,89	0,24	1,318	1,333
SCN 2	64,5	64,5	5 527	637	169	106 922	3,61	4,09	-	10 685	31,65	0 1	1,132	0,720

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di tre classi energetiche, ed in particolare per l'edificio in esame dalla G alla D**, attraverso lo scenario 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 dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza rilevate del generatore e di altre parti dell'impianto termico e degli infissi.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l'efficientamento dell'impianto termico mediante la sostituzione del generatore e l'installazione di valvole termostatiche e il miglioramento dell'involucro edilizio attraverso la realizzazione dell'isolamento delle coperture all'intradosso e la sostituzione degli infissi.



Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 13.410 kg CO2.**

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 69.441 kWh**

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1163_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici DE_Lotto. n5 – E1163_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5 – E1163_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5 – E1163_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici schema CT DE_Lotto. n5-E1163_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1163_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1163_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1163_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT ENDOSCOPICO

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1163_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 – E1163_rev D-ALLEGATO E_Relazione dettaglio calcoli

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	09/05/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	09/05/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	09/05/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev B-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	09/05/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML) con firma digitale	09/05/18	DE_Lotto. n5 – E1163_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 – E1163_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1163_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 – E1163_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1163_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM