

**Asilo nido “LO SCOIATTOLO”
E1197
VIA MONTEPERTICA 11**

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



Luglio/2018

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



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Asilo nido “LO SCOIATTOLO”

E1197

VIA MONTEPERTICA 1

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

CASa Associati

Via Cetto Ciglia 54 – 65128 – Pescara

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

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

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

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

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	1
EXECUTIVE SUMMARY	1
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	32
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	36
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	36
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	37
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	38
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	39
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	42
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	42
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	42
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	45
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	49



7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	52
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	52
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	54
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	60
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	61
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	63
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	65
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	72
9.3.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO TERMICO</i>	75
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO, GENERATORE ED IMPIANTO ILLUMINAZIONE</i>	82
10	CONCLUSIONI	89
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	89
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	89
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	90
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		1
ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI		1
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		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		1982
Anno di ristrutturazione		2007-2008
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	296
Superficie disperdente (S)	[m ²]	785
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1.261
Rapporto S/V	[1/m]	0,623
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	296
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	38
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	334
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	31
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore tradizionale
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	15,103
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rit} /anno]	37.211
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	2.735
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	16.245
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.804

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento solaio sottotetto;
- EEM 2: Installazione generatore di calore a condensazione;
- EEM 3: Installazione circolatore inverter;
- EEM 4: Installazione valvole termostatiche;
- EEM 5: Installazione lampade a tecnologia LED.

- SCN1: IMPIANTO TERMICO (EEM2+3+4);
- SCN2: INVOLUCRO E IMPIANTI (EEM1+2+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 [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	7,3	7,3	479	-	-	2.527	3,6	4,0	30	6.488	23,9	2,57	-	-
EEM 2	15,5	15,5	1.013	29	3	7.037	4,3	4,7	15	6.260	17,9	0,89	-	-
EEM 3	3,3	3,3	217	-	-	1.360	6,3	7,5	15	875	12,9	0,64	-	-
EEM 4	6,8	6,8	443	-	-	899	2,2	2,4	15	3.395	44,2	3,77	-	-
SCN 1	23,7	23,7	1.558	29	3	9.296	5,64	6,23		3.313	33,64	35,64	1,095	2,528
SCN 2	30,6	30,6	2.008	29	3	30.663	2,23	2,74		3.285	45,94	10,71	1,105	0,57

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

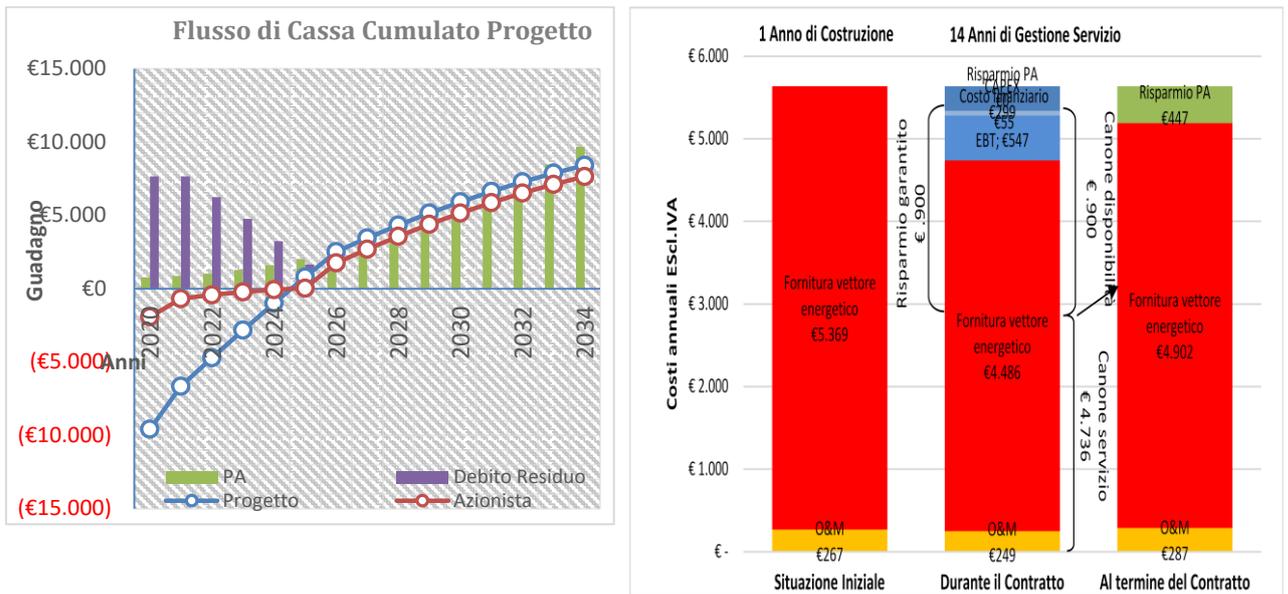
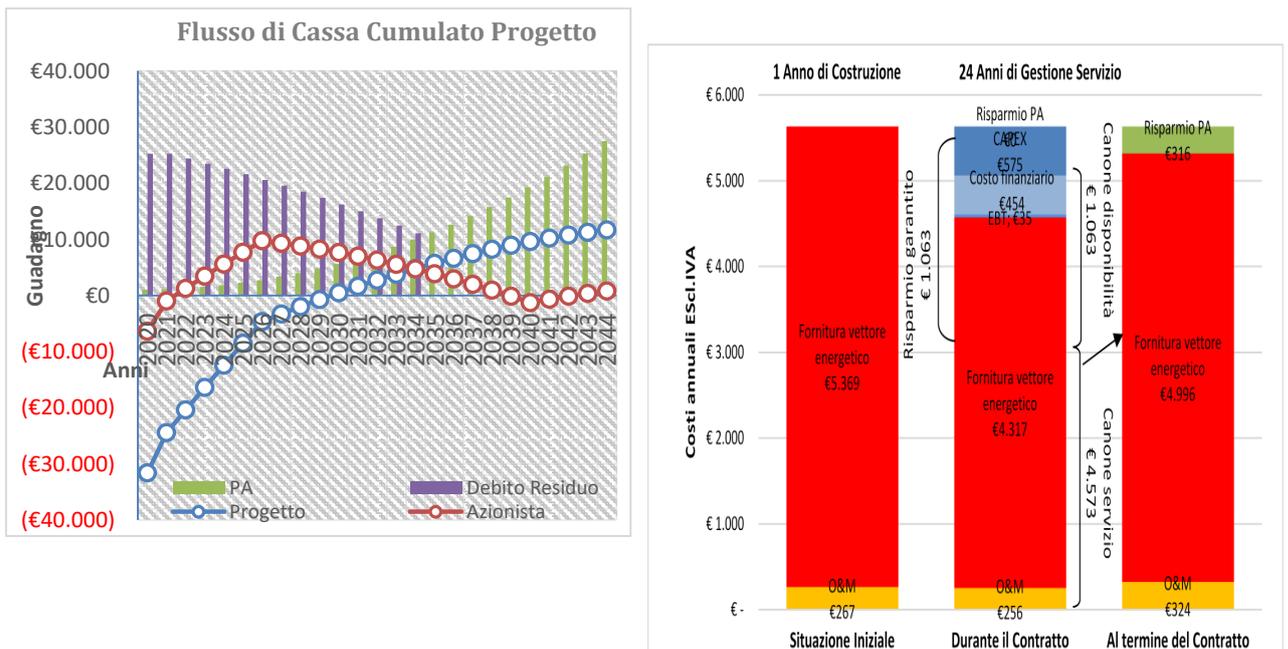


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata emerge che è possibile effettuare il miglioramento energetico in condizioni standard di almeno due classi energetiche, ed in particolare dalla classe energetica G alla E. Questo miglioramento è ottenibile attraverso gli scenari proposti e concernenti le specifiche tecniche riportate.

Gli interventi proposti mirano, oltre che a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico, con particolare riferimento alle gravi condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore, l’installazione di un circolatore ad alta efficienza ed un sistema di controllo della temperatura per singolo ambiente.

Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore a gas metano esistente, con nuovo sistema a condensazione risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica.

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si evidenzia che esso è maggiore per lo scenario 2, benché economicamente meno conveniente, determinando un riduzione complessiva di **4.398 kg CO2**.

In termini di energia primaria totale, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, sarebbe possibile risparmiare **22.822 kWh**.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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'efficiamento 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.

Figura 1.1 - Vista della facciata con l'ingresso esposta a Nord



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.

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 sez. BOL, F. 18 Mapp. 212 Sub. 3 è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Bolzaneto, un quartiere genovese della Val Polcevera (Municipio V), compreso tra i quartieri di Rivarolo a sud e Pontedecimo a nord e confinante con i comuni di Ceranesi a nord-ovest e Serra Riccò e Sant’Olcese a nord-est.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito ad Asilo nido.

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		1982
Anno di ristrutturazione		2007-2008
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	296

Superficie disperdente (S)	[m ²]	785
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1.261
Rapporto S/V	[1/m]	0,623
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	296
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	38
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	334
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	31
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore tradizionale
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	15,103
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	37.211
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	2.735
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	16.245
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.804

Nota (1): Valori di Baseline

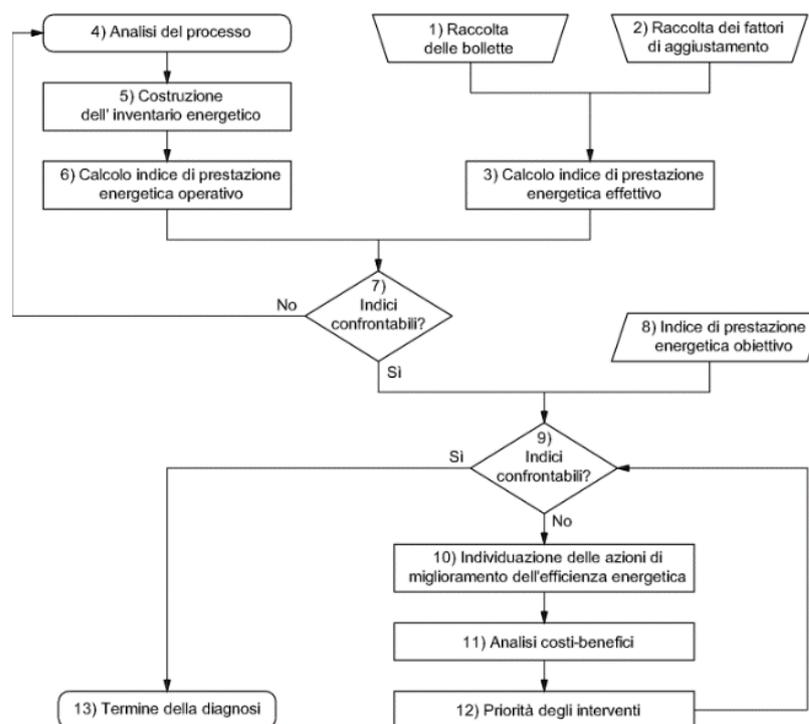
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 23/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- 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

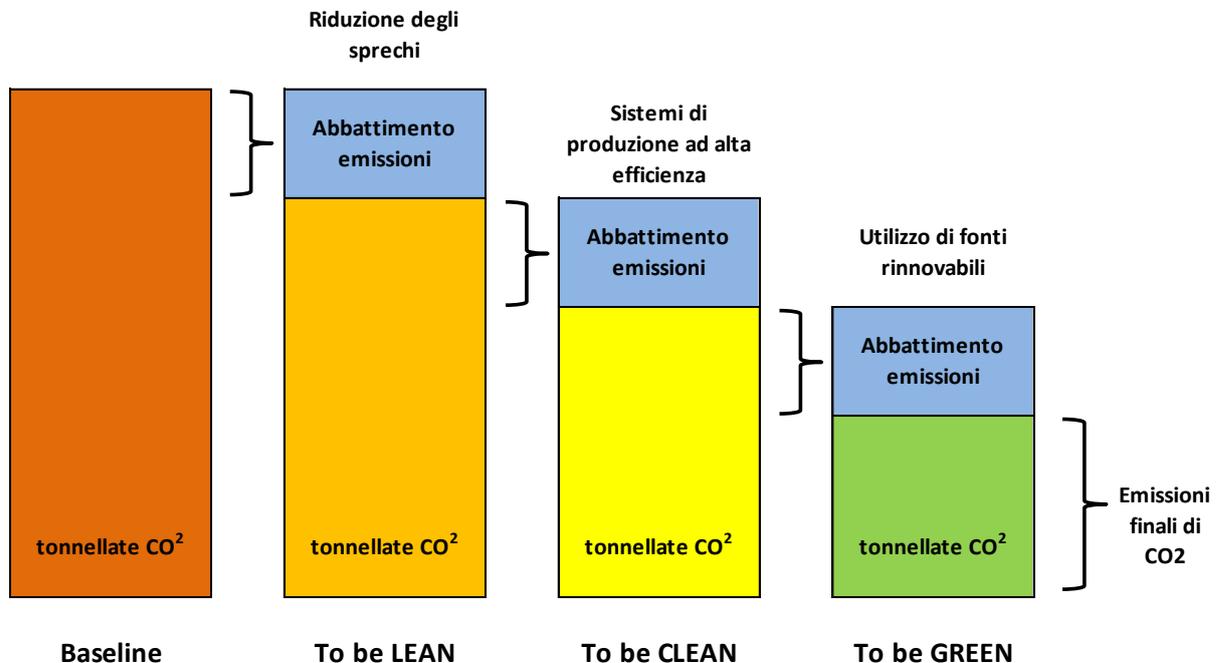
- destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

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 l’asilo nido oggetto della DE è strutturato su due piani: al piano superiore è situata la sezione dei “Piccoli” costituita da un salone polivalente gioco/refettorio, dalla stanza del sonno, un bagno per la cura dell’igiene ed una stanza adibita a gioco simbolico. Al piano inferiore si trova la sezione “Grandi” nella quale vengono attivati diversi laboratori. La stanza del sonno oltre che al riposo è utilizzata per attività polivalenti e viene adibita ad attività motorie, musicali, al travestimento e al gioco euristico. La struttura è dotata di un giardino arredato con giochi da esterno. E’ presente un piano seminterrato con lavanderia e centrale termica.

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



Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d’uso delle varie aree e le relative superfici. Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in Allegato B – Elaborati grafici.

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Lavanderia e centrale termica	[m ²]	71	34	-
Terra	Ingresso, cucina, aula didattica polivalente, camera riposo e servizi igienici	[m ²]	130	130	-
Primo	aule didattiche polivalenti, camera riposo, camera fasciatoio, ufficio e servizi igienici	[m ²]	133	133	-
TOTALE		[m ²]	334	297	-

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, Bolzaneto è stato aggregato a Genova nel 1925 con la decisione del Consiglio dei Ministri dell’ampliamento della città di Genova con l’aggregazione di 19 comuni limitrofi. Il territorio dell’ex circoscrizione di Bolzaneto si estende su entrambi i versanti del Polcevera. Il centro principale (Bolzaneto) si trova sulla sinistra del torrente, lungo la ex Strada statale 35 dei Giovi. La storia di questo centro inizia intorno all’anno mille e nel novecento ha vissuto una grande espansione infrastrutturale e industriale.

L’edificio ospitante l’asilo nido “lo Scoiattolo”, situato in una zona centrale del quartiere, è di recente costruzione (anni 80) 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.

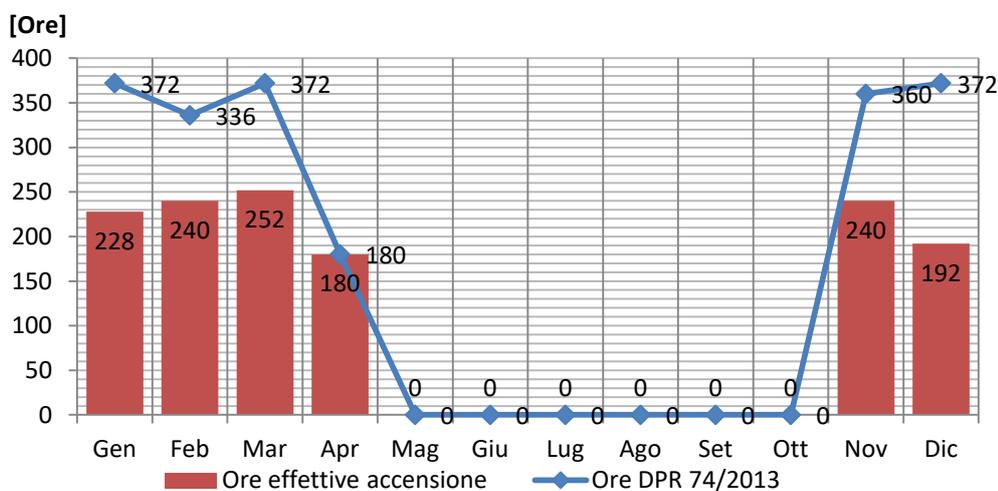
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio così come i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

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

TOTALE	365	16,7	166	1421	212	111	905	100%
--------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	------

3.2 DATI CLIMATICI REALI

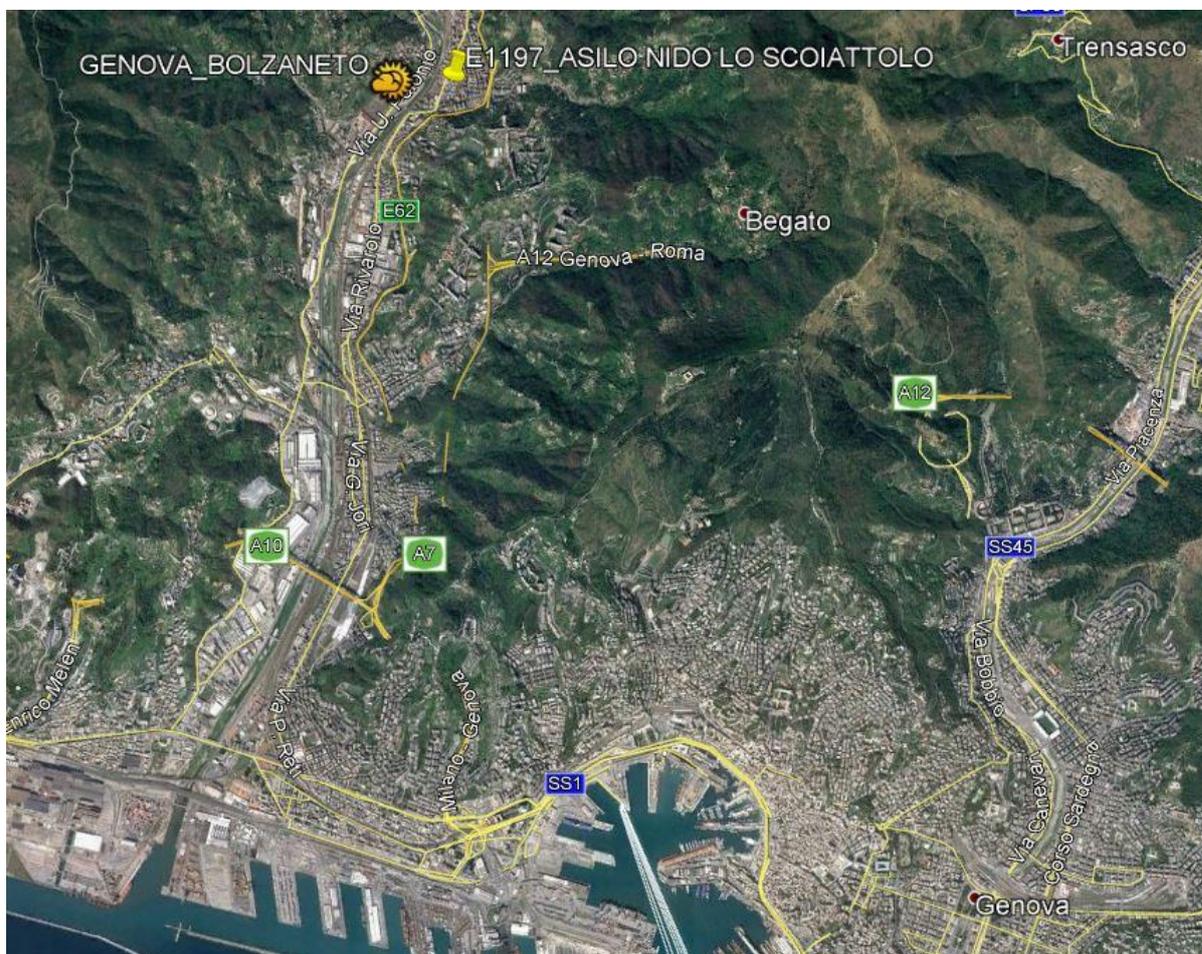
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

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

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

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

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

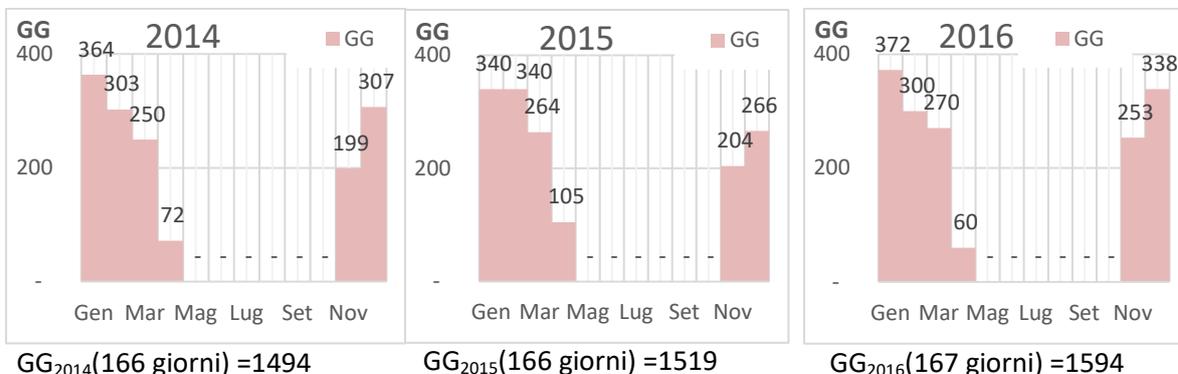


3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento (2014 - 2015 - 2016), valutati come la sommatoria, estesa a

tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

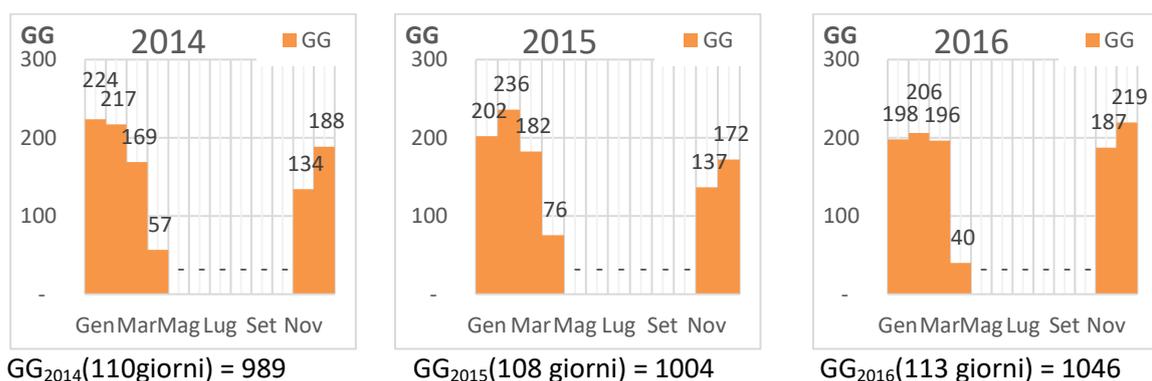


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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

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

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

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco dell'edificio è sostanzialmente composto da una muratura a cassetta da 37 cm complessivi, realizzata con mattoni semipieni (13x23,5x9,5) e intercapedine d'aria non isolata. La muratura è intonacata su entrambi i lati ed è uguale su tutti i fronti dell'edificio. Le zone sottofinestra presentano una muratura con spessore ridotto a 30 cm per l'inserimento dei corpi scaldanti.

La struttura è a telaio in cemento armato. I solai sono in laterocemento. Il solaio di copertura è realizzato da un elemento di plafone in laterocemento con sovrastante struttura a padiglione e manto di copertura in lastre di ardesia. La maggior parte degli ambienti interni sono controsoffittati. Tutta la zona seminterrata è circondata da un cavedio in cemento armato.

I ponti termici non sono isolati.

Figura 4.1 - Particolare della facciata



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 malessere nel periodo invernale con un eccessivo raffreddamento e nel periodo estivo con un eccessivo surriscaldamento.

Questo aspetto è stato segnalato anche dagli utenti dell'edificio.

Figura 4.2 - Particolare dell'attacco in copertura



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".

Si precisa che l'indagine endoscopica delle strutture non è stata necessaria per la presenza nel piano seminterrato di parti direttamente ispezionabili.

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	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Solaio interpiano su locali freddi	SL01	[35]	[assente]	[1,54]	[Buono]
Solaio di plafone - Copertura	SL02	[27]	[assente]	[1,74]	[Buono]
Solaio controterra	SL013	[35]	[assente]	[2,02]	[Buono]
Parete esterna verticale	[MR01]	[37]	[Assente]	[1,2]	[buono]
Parete esterna sottofinestra	[MR02]	[30]	[Assente]	[1,2]	[buono]
Parete verso locali freddi	[MR03]	[34]	[Assente]	[1,08]	[discreto]

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti in PVC con vetrocamera da 12 mm circa e sistema di oscuramento esterno a persiana. La tipologia ricorrente su tutti i fronti è quella a doppia anta.

Al piano terra e primo, in corrispondenza della scala antincendio aggiunta nel 2008, in occasione dei lavori di adeguamento antincendio dell’intero edificio, sono state inserite delle porte finestre in PVC, anta mobile con maniglione antipánico, e vetrocamera da 15 mm circa.

Il portone di ingresso è in legno, ma è seguito da un secondo infisso sempre in PVC con vetrocamera.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



I serramenti, seppure installati nel 1982, sono in discrete condizioni. Presentano, in alcuni casi, delle problematiche solo con riferimento alla tenuta all'aria. Nell'ipotesi di sostituzione è stata segnalata la necessità di inserire una parte fissa in basso per permettere di tenere le finestre aperte in estate senza problemi di sicurezza per i bambini. E' stata segnalata inoltre la necessità di zanzariere.

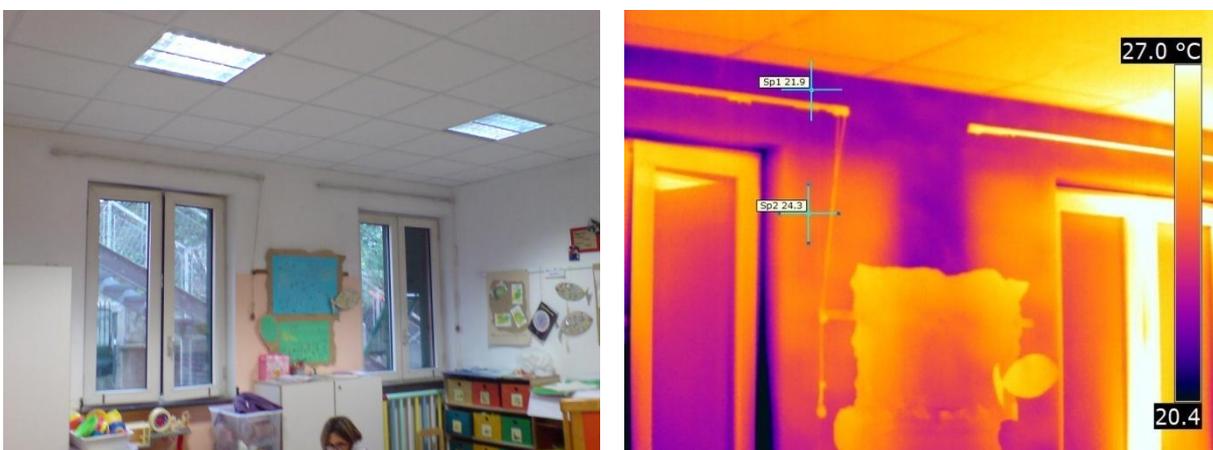
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- 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 terra



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 due ante	WN01 WN02 WN04	1.15x1.70	PVC	Vetro doppio	2,76	discreto
Serramento porta finestra	WN03	1.35x2.60	PVC	Vetro doppio	2,77	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.

Tuttavia si precisa che la distinzione in codici diversi dei tipi di componenti individuati si riferisce alla presenza di sistemi di schermatura esterni, parete sottofinestra e tipologie di ponte termico e trova corrispondenza negli elementi inseriti nel calcolo termico.

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 collettore di mandata con tre 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.

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

Figura 4.6 - Particolare del radiatore installato all'interno di un'aula



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Asilo nido Lo Scoiattolo	Radiatore su parete esterna non isolata	90%
Asilo nido Lo Scoiattolo	Radiatori su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA	POTENZA	POTENZA	POTENZA
			TERMICA UNITARIA	TERMICA COMPLESSIVA	FRIGORIFERA UNITARIA	FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Seminterrato	Su parete esterna non isolata	1	0,58	0,58	-	-
Seminterrato	Su parete interna	2	0,37	0,74	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	1	0,73	0,73	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	1	0,37	0,37	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	1	0,86	0,86	-	-
Terra	Su parete interna	1	0,80	0,80	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	2	1,14	2,28	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	0,73	0,73	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	0,57	0,57	-	-

Primo	Su parete esterna non isolata	1	1,64	1,64	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	0,48	0,48	-	-
Primo	Su parete interna	1	0,80	0,80	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	1,41	2,82	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	0,94	1,88	-	-
TOTALE		18	-	15,28	-	-

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 pari a 28,9°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo nella Scuola Vespertina. Si sottolinea che al momento del sopralluogo i radiatori della Scuola Media non erano in esercizio.

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 - Particolare della centralina di controllo

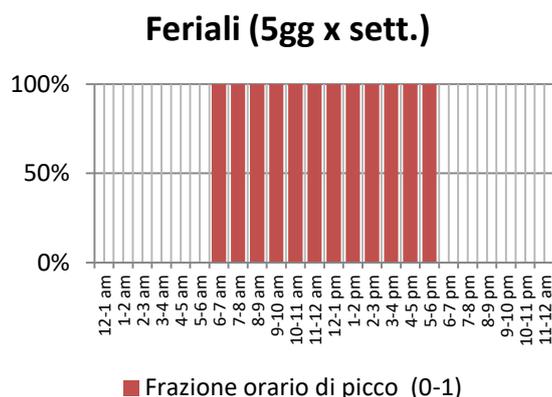


Figura 4.8 – Centralina di controllo in CT



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 Asilo nido



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
Asilo nido	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 primario di collegamento tra il generatore ed i due collettori mandata e ritorno (fluido termovettore acqua).
- 2) Circuito secondario di collegamento ai radiatori distribuiti sui tre piani dell'edificio.

- 1) **Circuito primario:** non sono presenti circolatori dedicati.

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Collettore	Mandata	Caldo	58,8 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	46,6 (2)	70 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo

- 2) **Circuito secondario:** sono presenti due pompe di circolazione per il collettore di mandata (calda).

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito riscaldamento	P1	mandata acqua calda a collettore	n.d.	n.d.	0,060 (1)
Circuito riscaldamento	P2	mandata acqua calda a collettore	n.d.	n.d.	0,225 (1)
Carico bollitore	P3	ACS	n.d.	n.d.	0,125 (1)
Ricircolo	P4	ACS	n.d.	n.d.	0,089 (1)
Ricircolo	P5	ACS	n.d.	n.d.	0,076 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	0,575 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Asilo nido 1	Mandata	Caldo	45,3 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	43,6 (2)	70 (1)
Asilo nido 2	Mandata	Caldo	53,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	47,4 (2)	70 (1)
Asilo nido 3	Mandata	Caldo	58,7 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	49,2 (2)	70 (1)

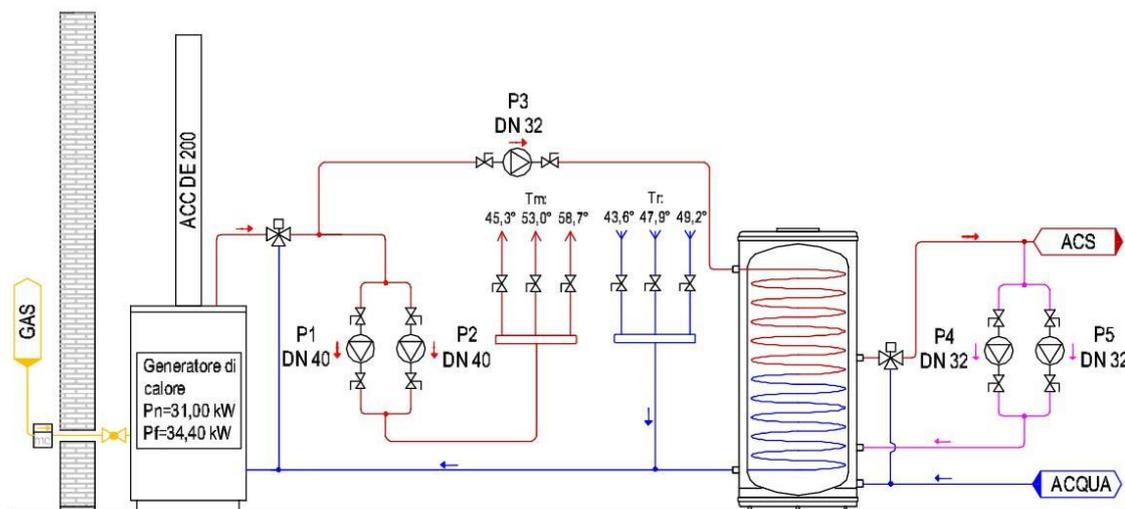
Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo; Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo

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

Di conseguenza, anche relativamente al comportamento del fluido termovettore freddo, si sono registrati valori di temperatura più bassi rispetto a quelli considerati nel modello di calcolo.

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 alimentato a gas con potenza termica utile pari a 31,00 kW di produzione Ferroli modello Rendimax 27 costruita nel 1993.

Figura 4.11 - Particolare del generatore di calore



Figura 4.12 - Particolare del generatore di calore



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

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche caldaia a gas

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	Ferroli	Rendimax 27	1993	34,40 (1)	31,00 (1)	88% (3)	0,015 (2)

Nota (1): Valore ricavato da dati di targa;

Nota (2): Valore desunto da scheda tecnica di generatore con simili caratteristiche;

Nota (3): Valore calcolato sulla base dei dati di targa.

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

Si sottolinea che in sede di sopralluogo, in mancanza del libretto di impianto, non è stato possibile rilevare i dati inerenti le prove fumi.

Secondo quanto rilevato in sede di sopralluogo il generatore funziona regolarmente.

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. 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 il medesimo generatore deputato al riscaldamento. Da questo, in centrale termica, viene alimentato un accumulatore da 300 litri con scambiatore a serpentina di produzione Cordivari del 2002.

Figura 4.13 - Particolare del generatore a basamento



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

Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100% (1)	93% (1)	n.d.	n.d.	41% (1)	17% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo.

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 PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Asilo Nido	Lavatrice	2	5.500	11.000	340
	Asciugatrice	1	3.200	3.200	400

Cappa	1	300	300	400
Forno	1	40	40	250
Lavastoviglie	1	800	800	250
Frigorifero	1	380	380	5.520
PC	1	220	220	400
Stampante	1	80	80	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.

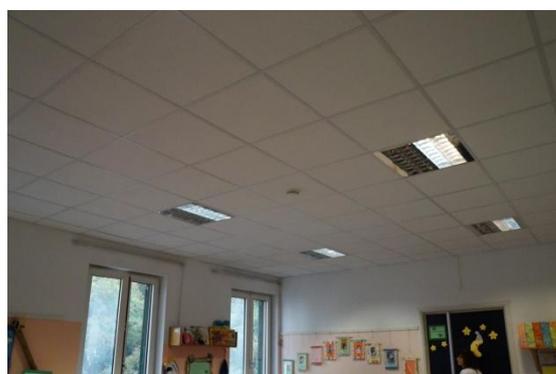
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero tubolare, ad incandescenza, 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 in controsoffitto nelle aule e nei bagni;
- Lampade a neon installate a soffitto nei locali della lavanderia e nei servizi;
- Lampade a basso consumo installate a soffitto nell'ingresso;
- Lampade ad incandescenza installate nel giardino;
- Faro alogeno installato all'esterno in prossimità del cancello di ingresso.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Asilo nido	Tubolare	1	18 (1x18)	18
	Tubolare	5	36 (2x18)	180
	Tubolare	14	72 (2x36)	1.008
	Tubolare	20	72 (4x18)	1.440
	Tubolare	2	116 (2x58)	232
	Basso consumo	3	72	216
	Tubolare (emergenza)	7	18 (1x18)	126
Esterno	Incandescenza	8	60	480
	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 all'ingresso

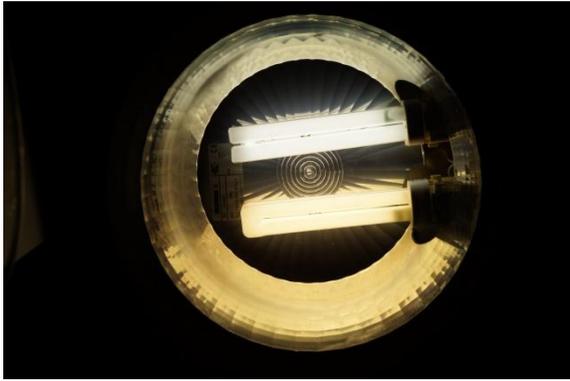


Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'esterno



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;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura e la produzione di ACS è il Gas Metano.

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

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Caldaia per il riscaldamento degli ambienti dell'Asilo Nido Lo Scoiattolo e la produzione di ACS;
- Usi cottura.

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

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

Tali consumi sono riportati nella 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 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270026051947	Riscaldamento/ ACS/Usi cottura	3.748	3.594	4.519	35.306	33.853	42.565

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

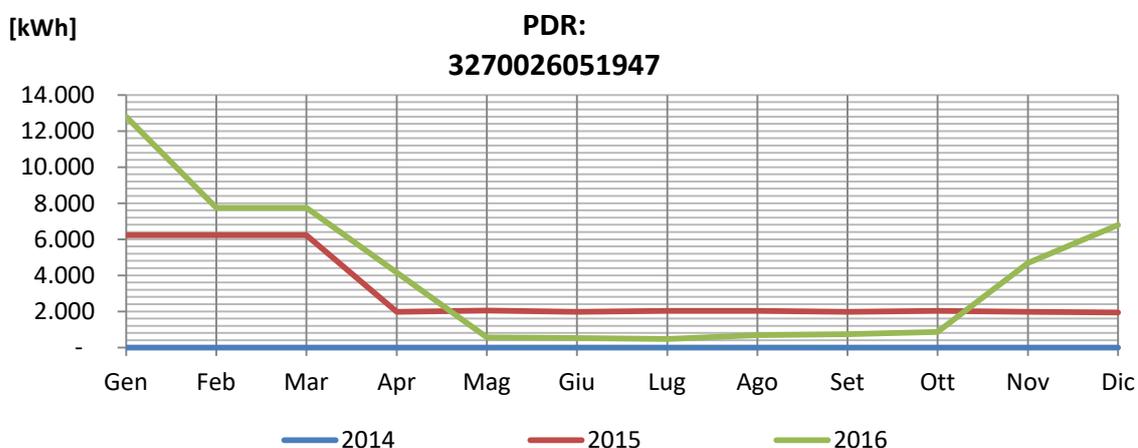
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 3270026051947	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	0	661,41	1358,00	0,00	6230,48	12792,36
Febbraio	0	661,41	821,50	0,00	6230,48	7738,53
Marzo	0	661,41	821,50	0,00	6230,48	7738,53
Aprile	0	209,00	440,00	0,00	1968,78	4144,80
Maggio	0	217,00	60,00	0,00	2044,14	565,20
Giugno	0	209,00	55,00	0,00	1968,78	518,10
Luglio	0	216,00	50,00	0,00	2034,72	471,00
Agosto	0	216,00	73,00	0,00	2034,72	687,66
Settembre	0	210,00	79,00	0,00	1978,20	744,18
Ottobre	0	216,00	92,00	0,00	2034,72	866,64
Novembre	0	209,00	498,00	0,00	1968,78	4691,16
Dicembre	0	216,00	721,00	0,00	2034,72	6791,82
Totale	0	3902,23	5069,00	0,00	36759,01	47749,98

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 50 sm³ ed un valore di massimo di prelievo pari a 1.358 sm³.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che nel triennio di riferimento i consumi di gas metano del 2016 sono maggiori dell'anno precedente in accordo con il dato climatico espresso dai GG.

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 $\bar{\alpha}_{rif}$ come di seguito riportato:

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

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.

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, valutato considerando il modello termico realizzato (stimato pari a circa l'8%) ed altri contributi dovuti agli usi di cottura della mensa, calcolati considerando la potenza termica della cucina presente e le ore di funzionamento della stessa (stimato pari a circa il 2%).

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU 110 GIORNI	GG _{RIF} SU 110 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 905 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	989	905	3.373	31.783	32,1	29.084	2.824	706
2015	1.004	905	3.235	30.482	30,4	27.469	2.708	677
2016	1.046	905	4.067	38.322	36,6	33.132	3.406	851
Media	1.013	905	3.558	33.529	33,1	29.944	2.979	745

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi: tale incremento è dovuto alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	2.979
\bar{Q}_{ALTRO}	745
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	29.944
$Q_{baseline}$	33.668

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Asilo nido Lo Scoiattolo;

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00122454	Asilo nido	14.174	14.122	15.392	14.563
TOTALE		14.174	14.122	15.392	VALORE MEDIO FATTURATO 14.563

Come si evince dalla Tabella 5.6 i consumi ricavati dall’analisi delle fatture, confrontati con i consumi annuali elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file “kyotoBaseline-EXXXX”, presentano alcune differenze come di seguito riassunto:

- Per il 2014 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato coincidente; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 14.174 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto dati inferiori del 12% circa; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 15.992 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto dati inferiori del 17% circa; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 18.569 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 10% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 16.245 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 pari 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 16.245 kWh.

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

POD: IT001E00122454	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1172	241	230	1643
Febbraio	1219	223	204	1646
Marzo	1052	219	205	1476
Aprile	899	168	168	1235
Maggio	993	219	183	1395
Giugno	760	172	201	1133
Luglio	152	75	112	339
Agosto	107	63	113	283
Settembre	850	187	178	1215
Ottobre	961	202	180	1343
Novembre	890	196	191	1277
Dicembre	751	202	236	1189
Totale	9806	2167	2201	14174
POD: IT001E00122454	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1052	228	218	1 498
Febbraio	1113	214	174	1 501
Marzo	1052	232	201	1 485
Aprile	910	203	210	1 323
Maggio	978	231	218	1 427
Giugno	823	205	215	1 243
Luglio	742	168	214	1 124
Agosto	126	80	154	360
Settembre	835	162	192	1 189
Ottobre	1120	209	247	1 576
Novembre	1081	211	282	1 574
Dicembre	922	168	312	1 402
Totale	10 754	2 311	2 637	15 702
POD: IT001E00122454	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1066	215	315	1596
Febbraio	1159	203	253	1615
Marzo	1048	187	257	1492
Aprile	1029	194	246	1469
Maggio	1051	190	249	1490
Giugno	778	174	236	1188
Luglio	143	101	176	420
Agosto	133	91	172	396
Settembre	756	160	228	1144
Ottobre	992	213	305	1510
Novembre	991	218	324	1533
Dicembre	897	250	392	1539

Totale	10043	2196	3153	15392
--------	-------	------	------	-------

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

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8 bis.

Tabella 5.8 – Consumi mensili fatturati

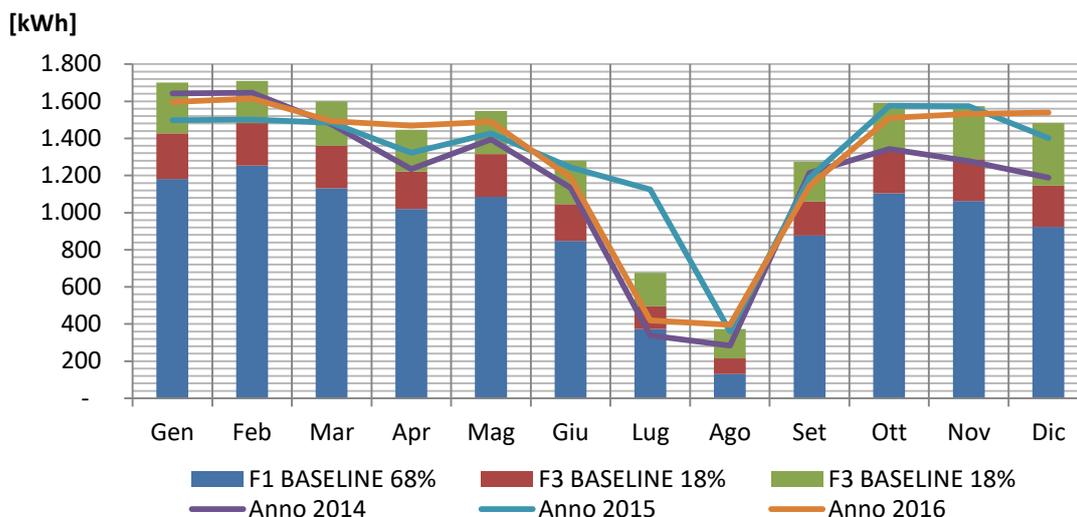
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1 097	228	254	1 579
Febbraio	1 164	213	210	1 587
Marzo	1 051	213	221	1 484
Aprile	946	188	208	1 342
Maggio	1 007	213	217	1 437
Giugno	787	184	217	1 188
Luglio	346	115	167	628
Agosto	122	78	146	346
Settembre	814	170	199	1 183
Ottobre	1 024	208	244	1 476
Novembre	987	208	266	1 461
Dicembre	857	207	313	1 377
Totale	10 201	2 225	2 664	15 089

Tabella 5.8 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1 181	246	274	1 701
Febbraio	1 253	230	227	1 710
Marzo	1 132	229	238	1 599
Aprile	1 019	203	224	1 446
Maggio	1 085	230	233	1 548
Giugno	848	198	234	1 280
Luglio	372	124	180	676
Agosto	131	84	158	373
Settembre	876	183	215	1 274
Ottobre	1 103	224	263	1 590
Novembre	1 064	224	286	1 574
Dicembre	923	223	338	1 483
Totale	10 988	2 396	2 869	16 254

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

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



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

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.4 e dettagliatamente nella tabella 4.11, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e altri dispositivi 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: IT001E00122454 | Indirizzo Fornitura: V MONTE PERTICA, 11 - 16162 GEN | **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: 15/06/2017 | Fine Periodo: 01/12/2017 | **Esegui**

Visualizzazione e Download: [Invia mail con file dati](#) | [Scarica file](#)

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 (kVAh)	Energia Reattiva Fascia 2 (kVAh)	Energia Reattiva Fascia 3 (kVAh)	Potenza Fascia 1 (kW)	Potenza Fascia 2 (kW)	Potenza Fascia 3 (kW)
30/06/2017	08E5G5321	00420914	1	REALE	62851	18890	21775	-	-	-	-	-	-
31/07/2017	08E5G5321	00420914	1	REALE	83037	19006	21976	-	-	-	-	-	-
31/08/2017	08E5G5321	00420914	1	REALE	83167	19107	22170	-	-	-	-	-	-
30/09/2017	08E5G5321	00420914	1	REALE	84015	19341	22451	-	-	-	-	-	-
31/10/2017	08E5G5321	00420914	1	REALE	85031	19583	22734	-	-	-	-	-	-
30/11/2017	08E5G5321	00420914	1	REALE	86127	19787	23009	-	-	-	-	-	-

Legenda:
 Lettura reale: lettura rilevata dal distributore alla data indicata
 Lettura stimata: 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 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

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

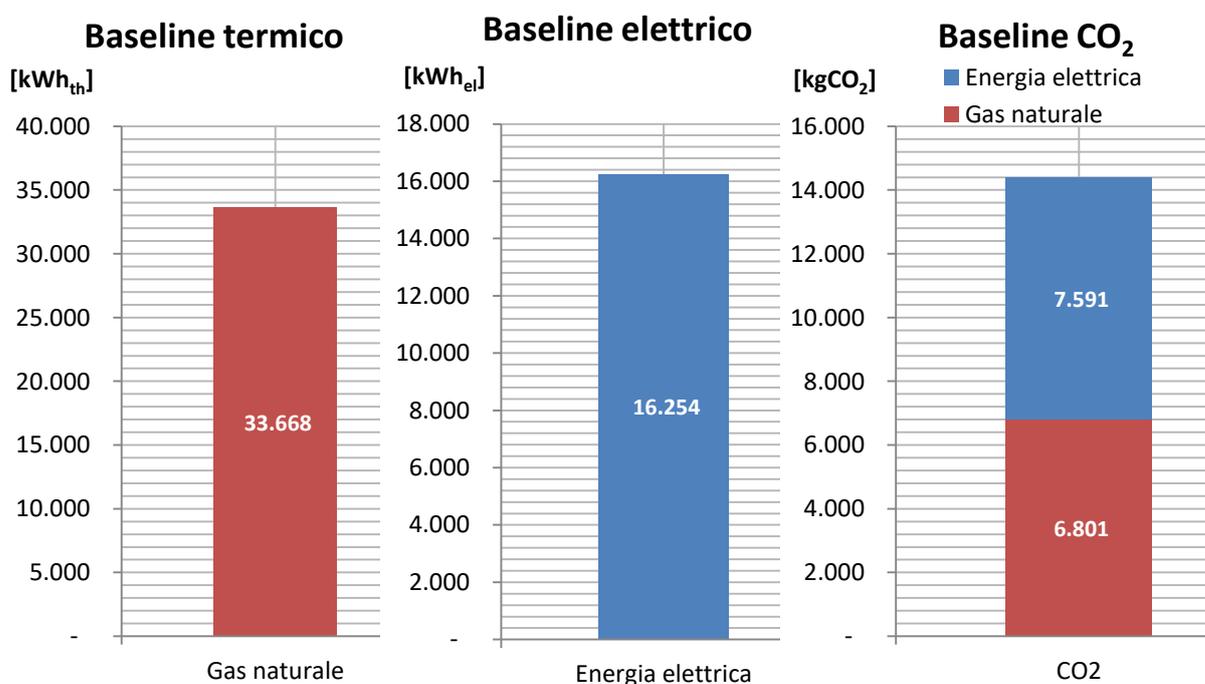
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂. e nella Figura 5.3.

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[kgCO ₂]
Energia elettrica	16.254	* 0,467	7,591
Gas naturale	33.668	* 0,202	6,801

Figura 5.3 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.



Ai fini del calcolo degli indici di performance è necessario effettuare la conversione dei consumi di baseline in energia primaria, utilizzando i fattori di conversione indicati dal Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 “Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici” nell’Allegato 1-Tabella 1.

Tabella 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	$F_{p,nren}$	$F_{p,ren}$	$F_{p,tot}$
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	297	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	334	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	1.261	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	33.668	1,05	35.351	119,0	105,8	28,0	22,90	20,36	5,39
Energia elettrica	16.254	2,42	39.335	132,4	117,8	31,2	25,56	22,73	6,02
TOTALE			74.686	251	224	59	48	43	11

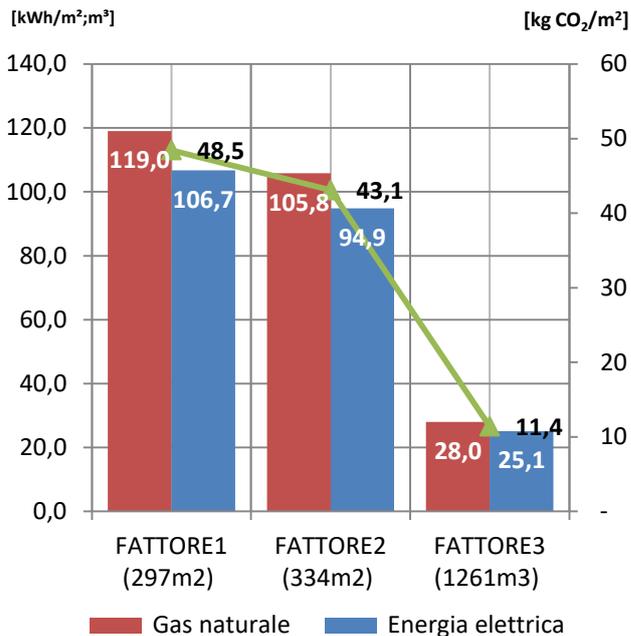
Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	33.668	1,05	35.351	119,0	105,8	28,0	22,90	20,36	5,39
Energia elettrica	16.254	1,95	31.695	106,7	94,9	25,1	25,56	22,73	6,02
TOTALE			67.047	226	201	53	48	43	11

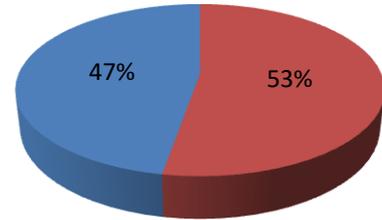
Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie

Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

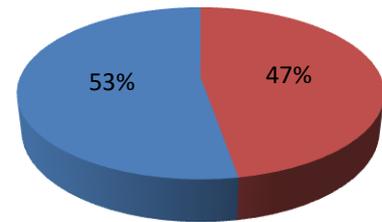
utile riscaldato



Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	14,05	13,47	16,94	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	31,64	35,70	36,27

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

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

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

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

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	326,630	kWh/mq anno	309,399	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	230,559	kWh/mq anno	227,075	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	52,444	kWh/mq anno	47,168	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	-	kWh/mq anno	-	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	-	kWh/mq anno	-	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	43,630	kWh/mq anno	35,157	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	-	kWh/mq anno	-	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	77,542	Kg/mq anno	71,815	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
		[kWh/anno]
Gas Naturale	7.141 [m3/anno]	70.631
Energia Elettrica	10.883 [kWh/anno]+5.626 [kWh/anno]	32.193

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato tramite confronto con la baseline energetica, secondo la presente scala di congruità:

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

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

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor facendo riferimento alle potenze di targa dei singoli componenti ed ai profili di utilizzo della tipologia di edificio considerato.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando che le ore di funzionamento dell’impianto non coincidono con quelle stabilite dalla norma.

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	187,6243	174,2726
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	109,2547	107,2986
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	43,8949	39,1948
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	34,4748	27,7792
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	47,04	42,57

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)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	3.568	33.610
Energia Elettrica		16.274

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

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

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
33.610	33.668	0,2

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 [%]
16.274	16.245	0,2

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

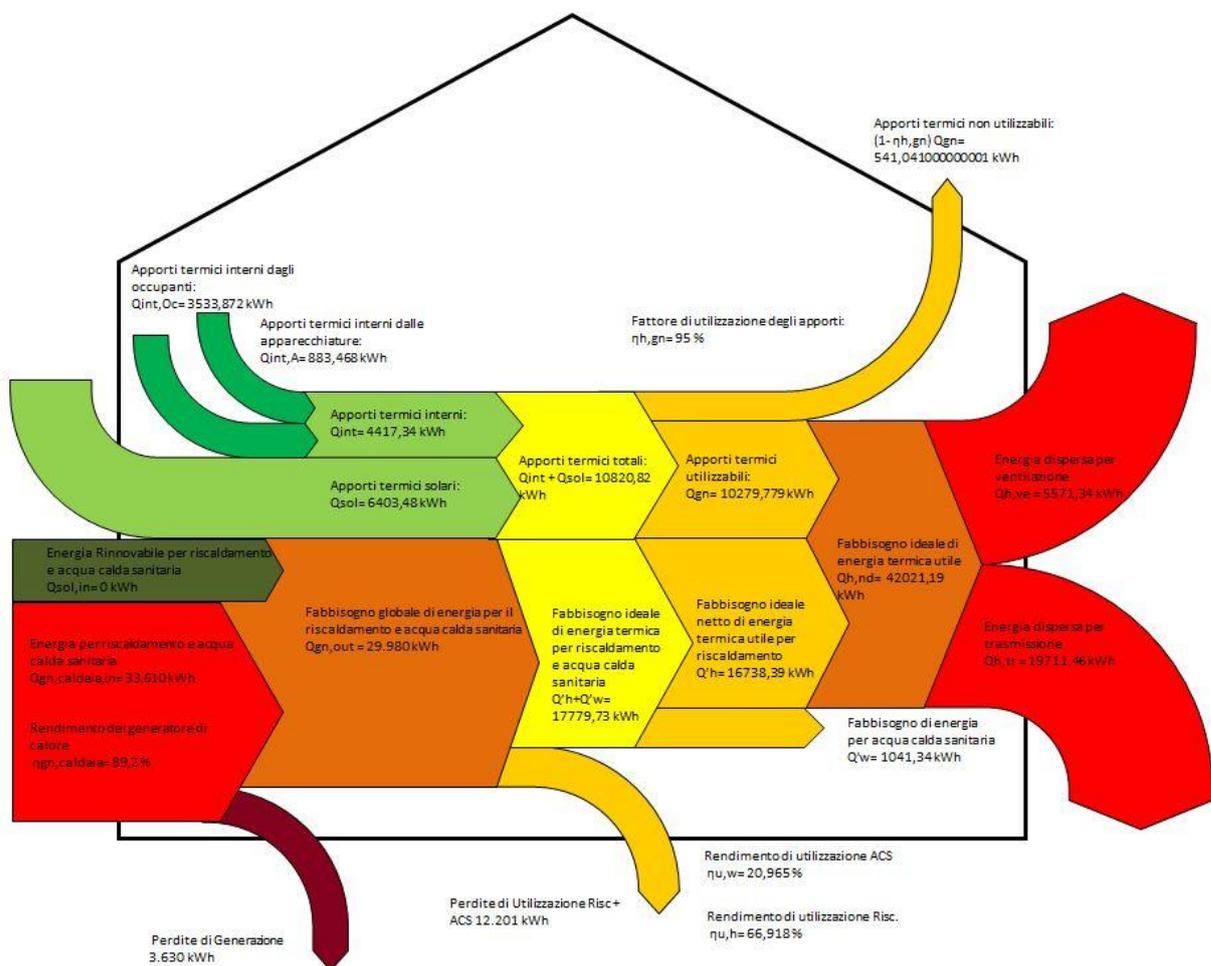
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

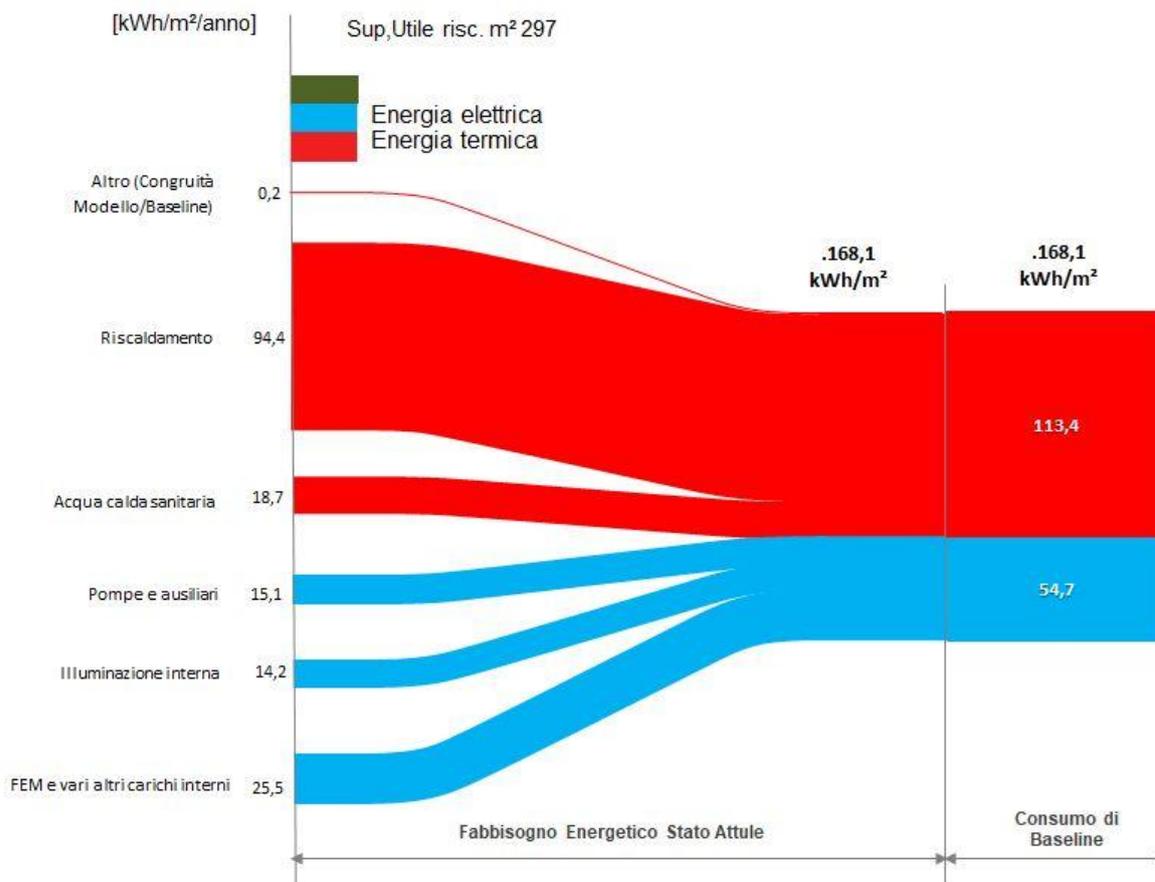
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



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

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

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



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

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

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

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

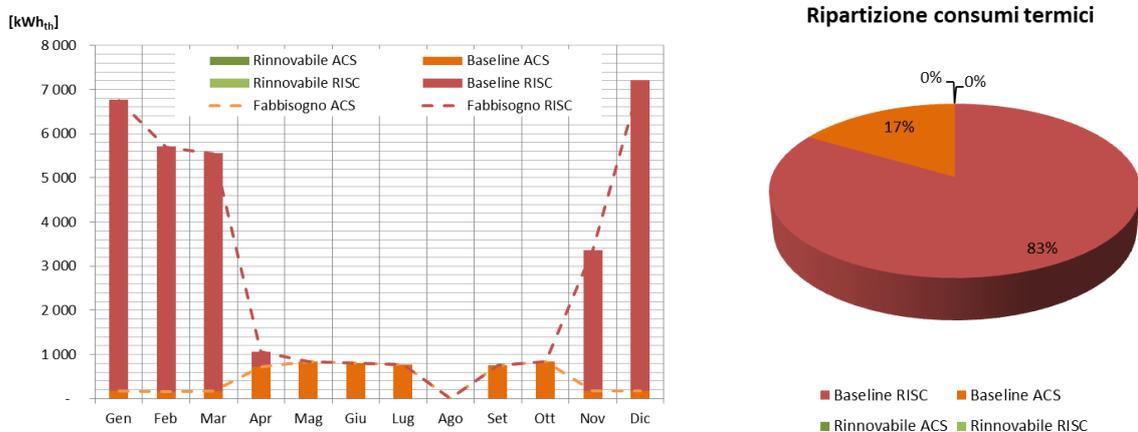
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio   possibile notare che il maggior quantitativo di energia   impiegato per il riscaldamento degli ambienti e la produzione di ACS.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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



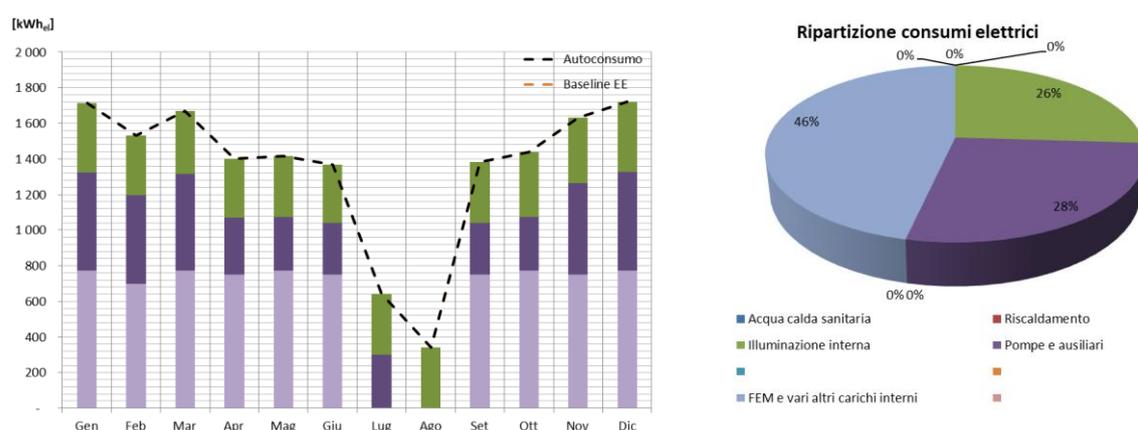
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento degli ambienti, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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 7.568 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 delle attrezzature elettriche caratterizzanti l'attività scolastica (pc, stampanti, ecc) e le attrezzature ad alimentazione elettrica della cucina. Secondariamente emergono i consumi dovuti all'illuminazione i quali assorbono ben il 29% del totale dei consumi elettrici complessivi; 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.

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

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

PDR: 3270026051947	2014	2015		2016	
Indirizzo di fornitura	VIA MONTE PERTICA 11 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	N.D.	COMUNE DI GENOVA - CF: 00856930102 Via Di FRANCIA,1 16124 GENOVA (GE)	COMUNE DI GENOVA PATRIMONIO DEMANIO E SPORT - CF: 00856930102 Via G.GARIBALDI,9 16124 GENOVA (GE)	COMUNE DI GENOVA PATRIMONIO DEMANIO E SPORT - CF: 00856930102 Via G.GARIBALDI,9 16124 GENOVA (GE)	COMUNE DI GENOVA PATRIMONIO DEMANIO E SPORT - CF: 00856930102 Via G.GARIBALDI,9 16124 GENOVA (GE)
Società di fornitura	N.D.	IREN MERCATO SPA	ENI S.P.A.	ENI S.P.A.	ENERGETIC S.p.A.
Inizio periodo fornitura	N.D.	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	N.D.	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Classe del contatore	N.D.	G004	G0004	G0004	G0004
Tipologia di contratto	N.D.	Punto di riconsegna per servizio pubblico	Utenze con attività di servizio pubblico	Utenze con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria ^(*)	N.D.	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	N.D.	1,023328	1,023328	1,023328	1,023328
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	N.D.	38,190 Mj/mc	38,190 Mj/Smc	38,190 Mj/Smc	38,972 Mj/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile ^(**)	N.D.	0,04548 €/kWh	0,02939 €/kWh	0,02064 €/kWh	0,02364 €/kWh

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

Nota (**): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il prezzo di fornitura del combustibile, inteso come la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, per l'anno 2016 (contratto con ENI s.p.a) risulta inferiore alla media dei tre anni in quanto l'IVA applicata è agevolata e non ordinaria.

Nella Tabella 7.2 si riporta l’andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

PDR: 3270026051947	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[KWH]
Gen - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Feb - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Apr - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Mag - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Giu - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Lug - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Ago - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Set - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Ott - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Nov - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Dic - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 3270026051947	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[KWH]
Gen - 15	283	4	88	60	96	531	6 230	0,085
Feb - 15	283	4	88	60	96	531	6 230	0,085
Mar - 15	283	4	88	60	96	531	6 230	0,085
Apr - 15	59	4	24	44	29	160	1 969	0,082
Mag - 15	62	4	25	46	30	166	2 044	0,081
Giu - 15	57	4	24	44	28	157	1 969	0,080
Lug - 15	59	4	25	46	29	163	2 035	0,080
Ago - 15	59	4	25	46	29	163	2 035	0,080
Set - 15	57	4	24	44	29	158	1 978	0,080
Ott - 15	60	4	25	46	30	164	2 035	0,080
Nov - 15	58	4	24	44	29	158	1 969	0,080
Dic - 15	60	4	25	46	30	164	1 941	0,084
Totale	1 378	46	485	586	550	3 045	36 665	0,083
PDR: 3270026051947	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[KWH]
Gen - 16	259	4	162	288	159	871	12 792	0,068
Feb - 16	162	3	90	174	94	523	7 739	0,068
Mar - 16	162	3	90	174	94	523	7 739	0,068
Apr - 16	87	3	53	93	52	287	4 145	0,069
Mag - 16	12	3	7	13	8	42	565	0,074

E1197 – Asilo nido “Lo Scoiattolo”

Giu - 16	11	3	7	12	7	39	518	0,076
Lug - 16	10	3	6	11	6	36	471	0,076
Ago - 16	15	3	9	15	9	51	688	0,075
Set - 16	16	3	10	17	10	55	744	0,074
Ott - 16	22	3	10	19	12	66	867	0,076
Nov - 16	118	3	54	105	62	342	4 691	0,073
Dic - 16	169	3	79	153	89	492	6 792	0,072
Totale	1 044	32	575	1 074	602	3 327	47 750	0,070

Per le forniture di gas metano per l'anno 2017, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA).

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

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

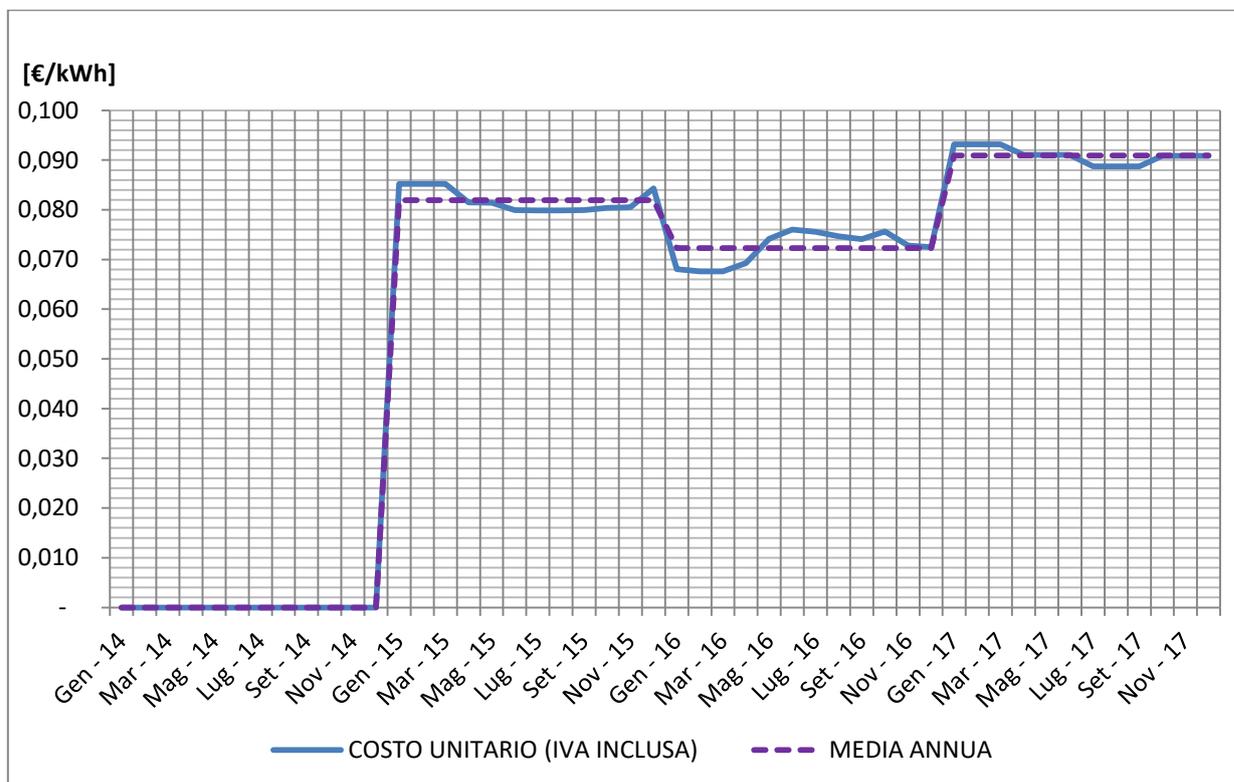
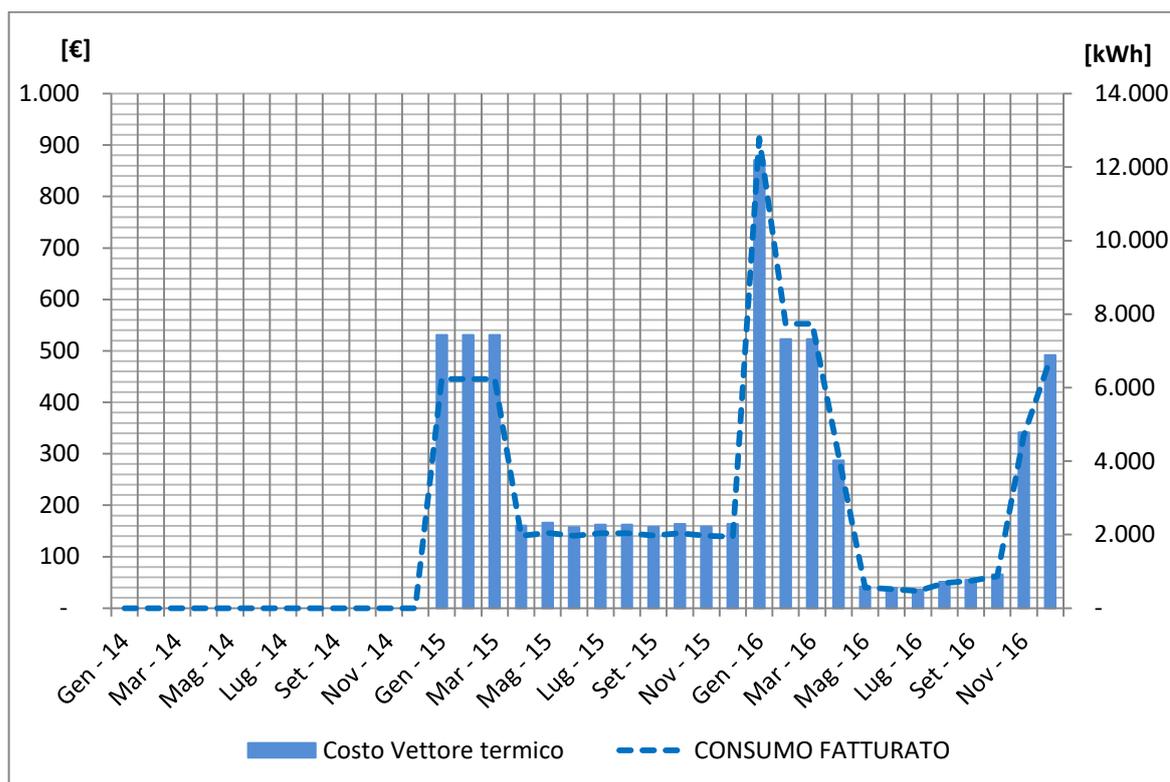


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00122454: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E’ stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00122454	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA MONTE PERTICA 11 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA - CF: 00856930102 Via DI FRANCIA,1 16124 GENOVA (GE)	COMUNE DI GENOVA - CF: 00856930102 Via DI FRANCIA,1 16124 GENOVA (GE)	COMUNE DI GENOVA PATRIMONIO DEMANIO E SPORT - CF: 00856930102 Via G.GARIBALDI,9 16124 GENOVA (GE)	COMUNE DI GENOVA PATRIMONIO DEMANIO E SPORT - CF: 00856930102 Via G.GARIBALDI,9 16124 GENOVA (GE)	COMUNE DI GENOVA PATRIMONIO DEMANIO E SPORT - CF: 00856930102 Via G.GARIBALDI,9 16124 GENOVA (GE)
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	EDISON ENERGIA SPA	GALA S.p.A.	GALA S.p.A.	IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	16,50 kW	16,50 kW	15,00 kW	15,00 kW	16,50 kW

E1197 – Asilo nido “Lo Scoiattolo”

Potenza elettrica disponibile	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW	15,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	Forniture in BT (Escluso IP)	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzo della fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07832 €/kWh	0,06920 €/kWh	0,03492 €/kWh	0,04208 €/kWh	0,07061 €/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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che nel triennio di riferimento l'amministrazione ha cambiato tre volte il fornitore di energia elettrica. Nel periodo intermedio il prezzo del vettore energetico è quello più basso del triennio.

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

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

POD: IT001E00122454	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	129	22	180	21	35	386	1.643	0,235
Feb – 14	130	23	180	21	35	389	1.646	0,236
Mar – 14	116	19	167	18	32	352	1.476	0,239
Apr – 14	97	22	152	15	29	315	1.235	0,255
Mag – 14	109	24	164	17	31	346	1.395	0,248
Giu – 14	87	20	117	14	24	262	1.133	0,231
Lug – 14	38	-	114	8	16	176	339	0,520
Ago – 14	20	5	78	4	11	117	283	0,414
Set – 14	94	19	151	15	28	308	1.215	0,253
Ott – 14	104	20	164	17	30	334	1.343	0,249
Nov – 14	97	19	158	16	29	319	1.277	0,250
Dic – 14	87	17	151	15	27	298	1.189	0,251
Totale	1.110	209	1.774	181	328	3.603	14.174	0,254
POD: IT001E00122454	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	108	20	181	19	33	360	1.498	0,240
Feb – 15	104	20	181	19	32	357	1.501	0,238
Mar – 15	98	20	180	19	32	348	1.485	0,234

E1197 – Asilo nido “Lo Scoiattolo”

Apr – 15	41	11	134	11	20	218	917	0,238
Mag – 15	40	12	135	12	20	217	926	0,235
Giu – 15	39	12	138	12	20	221	963	0,230
Lug – 15	37	10	137	12	20	215	932	0,231
Ago – 15	13	13	156	14	20	216	1.152	0,188
Set – 15	41	13	156	14	22	247	1.150	0,215
Ott – 15	41	13	162	15	23	254	1.167	0,217
Nov – 15	42	10	165	15	23	255	1.202	0,212
Dic – 15	42	11	168	15	24	260	1.229	0,211
Totale	647	163	1.894	177	288	3.168	14.122	0,224
POD: IT001E00122454	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	71	-	188	20	28	307	1.596	0,192
Feb – 16	67	-	190	17	27	300	1.615	0,186
Mar – 16	60	-	185	23	27	295	1.492	0,198
Apr – 16	78	-	178	18	27	301	1.469	0,205
Mag – 16	84	-	180	19	28	312	1.490	0,209
Giu – 16	71	-	154	15	24	264	1.188	0,222
Lug – 16	29	-	90	5	12	137	420	0,327
Ago – 16	25	-	88	5	12	130	396	0,328
Set – 16	83	-	150	14	25	273	1.144	0,238
Ott – 16	121	-	182	19	32	354	1.510	0,235
Nov – 16	134	-	184	19	34	371	1.533	0,242
Dic – 16	128	-	184	19	33	365	1.539	0,237
Totale	953	-	1.953	193	310	3.409	15.392	0,221

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l’andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell’anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall’AEEGSI.

Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

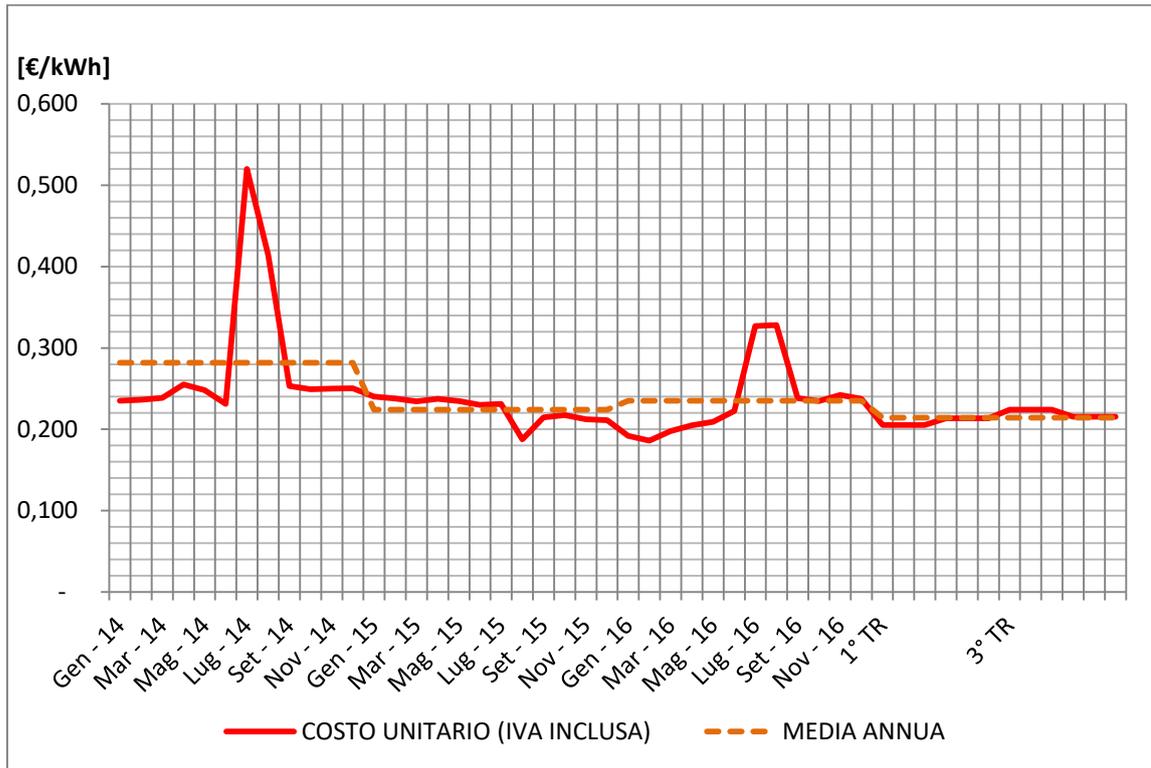
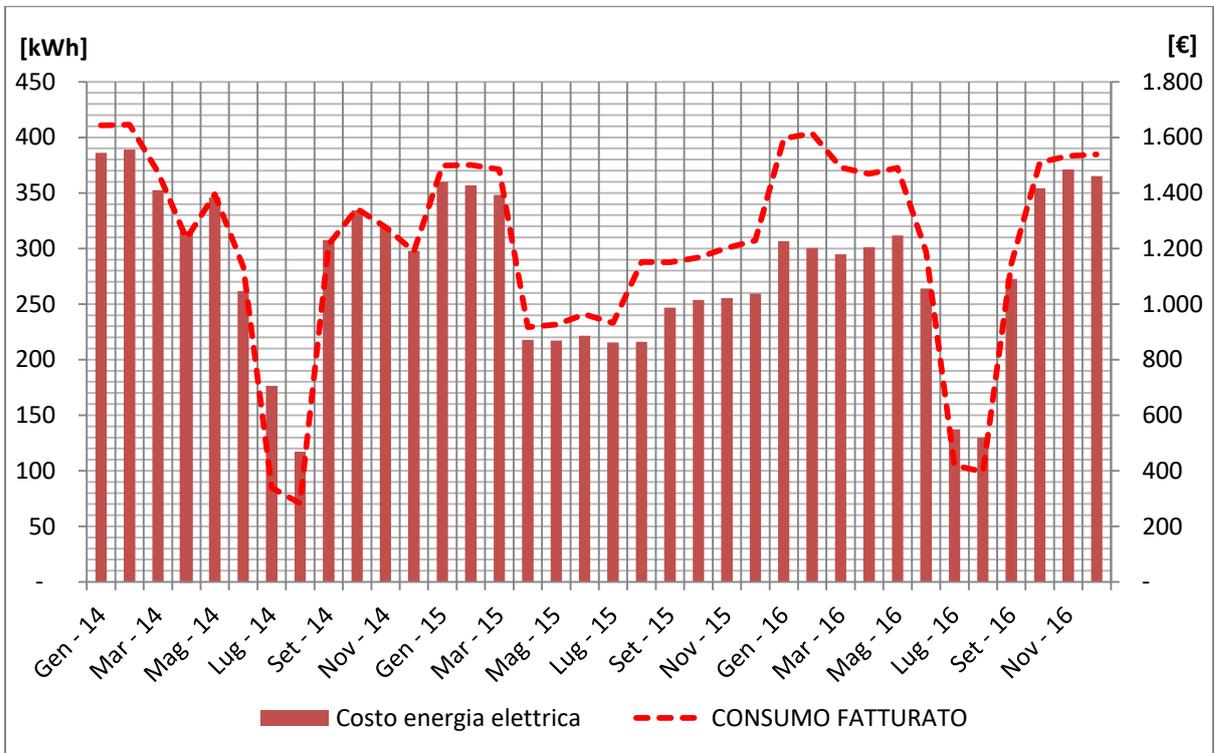


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	14.174	3.603	0,254	n.d.
2015	36.665	3.045	0,083	14.122	3.168	0,224	6.214
2016	47.750	3.327	0,070	15.392	3.409	0,221	6.736
2017	-	-	0,092	-	-	0,213	-
Media	42.208	3.186	0,0817	14.563	3.393	0,228	6.475

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0,092 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,214 [€/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, comprensivo della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa ai seguenti impianti:

- L1-042-381: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza < 35 kW

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 325,63 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all’interno del file kyotoBaseline-E1197. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$C_{MS} = 0.1 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.9 \times C_M$$

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

Tabella 7.7 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o	293 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s	33 [€/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:

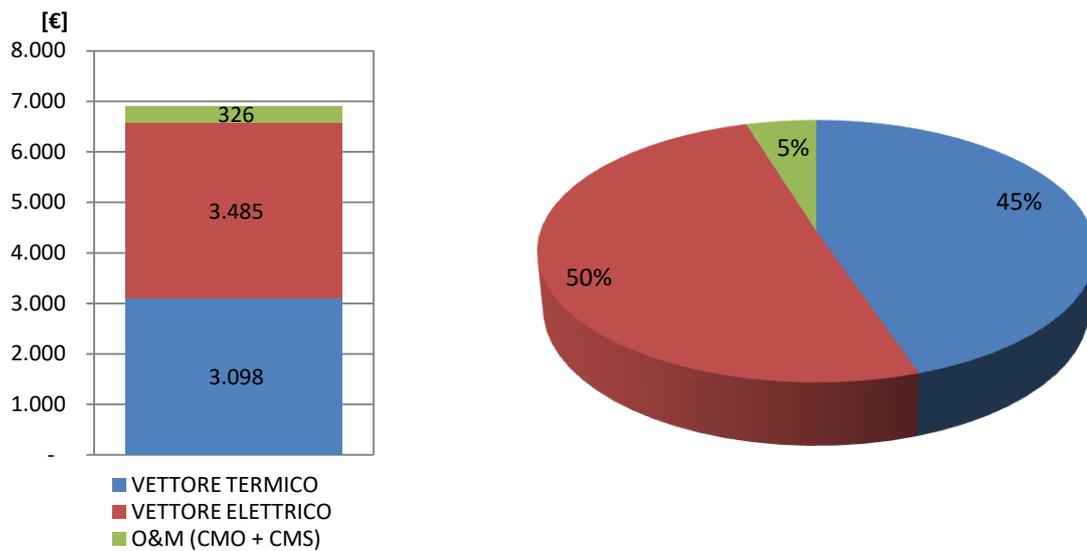
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 6.583 e un C_{baseline} pari a € 6.909

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M (C _{MO} + C _{MS})		TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
33.668	0,092	3.098	16.254	0,214	3.485	326	293	33	6.909

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

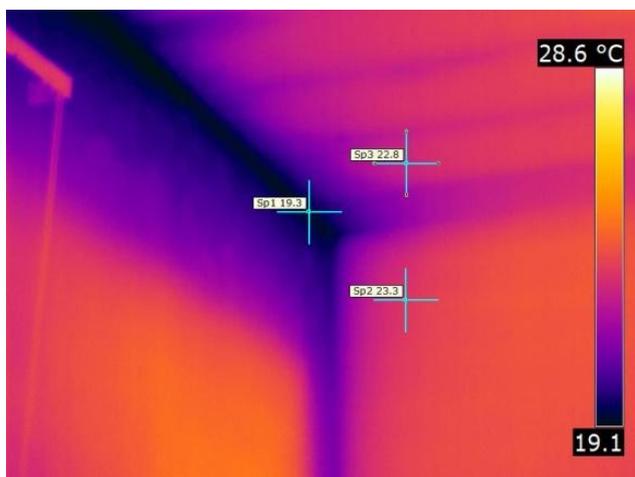
EEM1: Isolamento termico sottotetto

Generalità

La misura prevede l'isolamento termico del solaio di sottotetto tramite la stesura di un materassino in materiale isolante posato direttamente sul solaio.

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

Figura 8.1 – Particolare solaio



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento termico in estradosso del solaio di sottotetto sarà eseguito mediante feltro in lana di roccia a bassa densità rivestito su un lato da un foglio di carta kraft politenata con funzione di freno vapore. Di seguito un elenco di alcune caratteristiche:

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

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

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

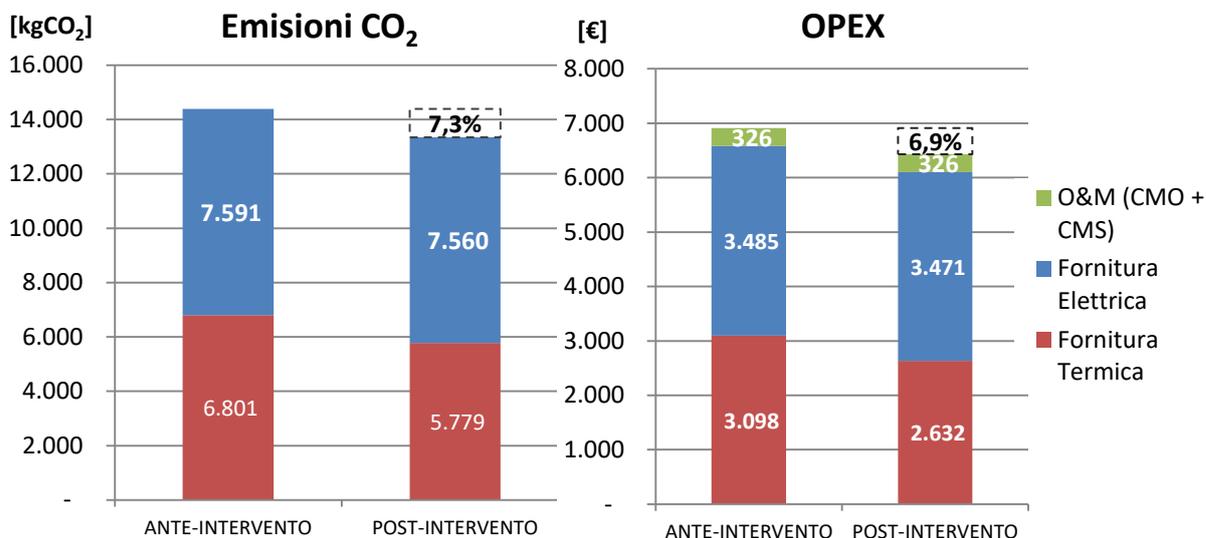
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – UNI TS 11300

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	W/m ² K	1,84	0,21	88,6%
Q _{teorico}	[kWh]	33.610	28.561	15,0%
EE _{teorico}	[kWh]	16.274	16.208	0,4%
Q _{baseline}	[kWh]	33.668	28.611	15,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	16.254	16.189	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	6.801	5.779	15,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.591	7.560	0,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	14.392	13.339	7,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	3.098	2.632	15,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.485	3.471	0,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.583	6.104	7,3%
C _{MO}	[€]	293	293	0,0%
C _{MS}	[€]	33	33	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	326	326	0,0%
OPEX	[€]	6.909	6.430	6,9%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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

8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Caldaia a condensazione

Generalità

La misura prevede l'installazione di una caldaia 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 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 8.3 – 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 EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

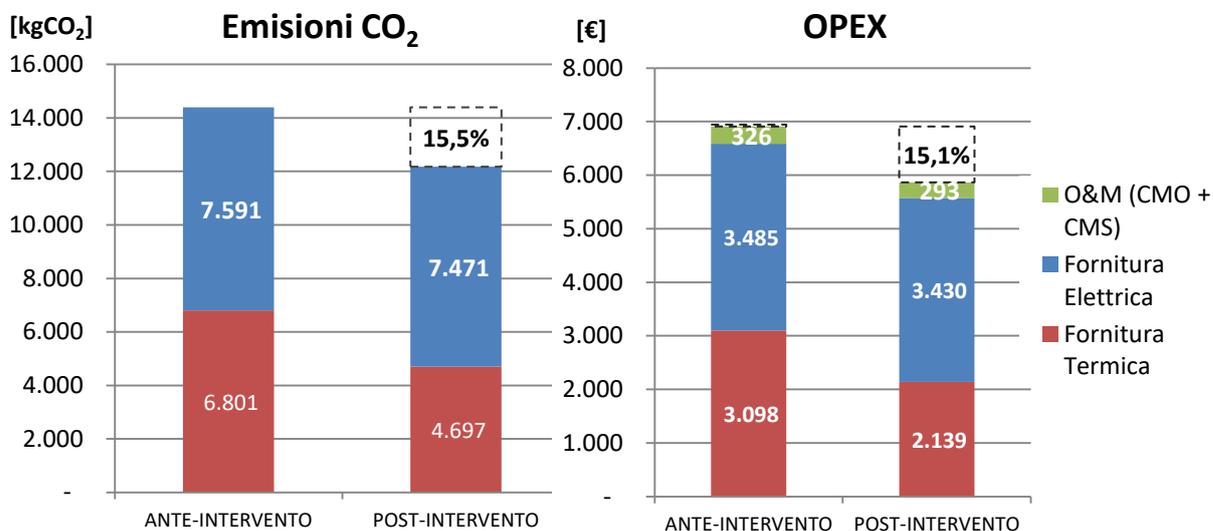
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento	-	88	107	-21,6%
Q _{teorico}	[kWh]	33.610	23.211	30,9%
EE _{teorico}	[kWh]	16.274	16.017	1,6%
Q _{baseline}	[kWh]	33.668	23.251	30,9%
EE _{baseline}	[kWh]	16.254	15.998	1,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	6.801	4.697	30,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.591	7.471	1,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	14.392	12.168	15,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	3.098	2.139	30,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.485	3.430	1,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.583	5.570	15,4%
C _{MO}	[€]	293	264	10,0%
C _{MS}	[€]	33	29	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	326	293	10,0%
OPEX	[€]	6.909	5.863	15,1%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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

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


EEM3: Pompe a portata variabile

Generalità

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

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

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

Figura 8.5 – Particolare pompe di circolazione



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

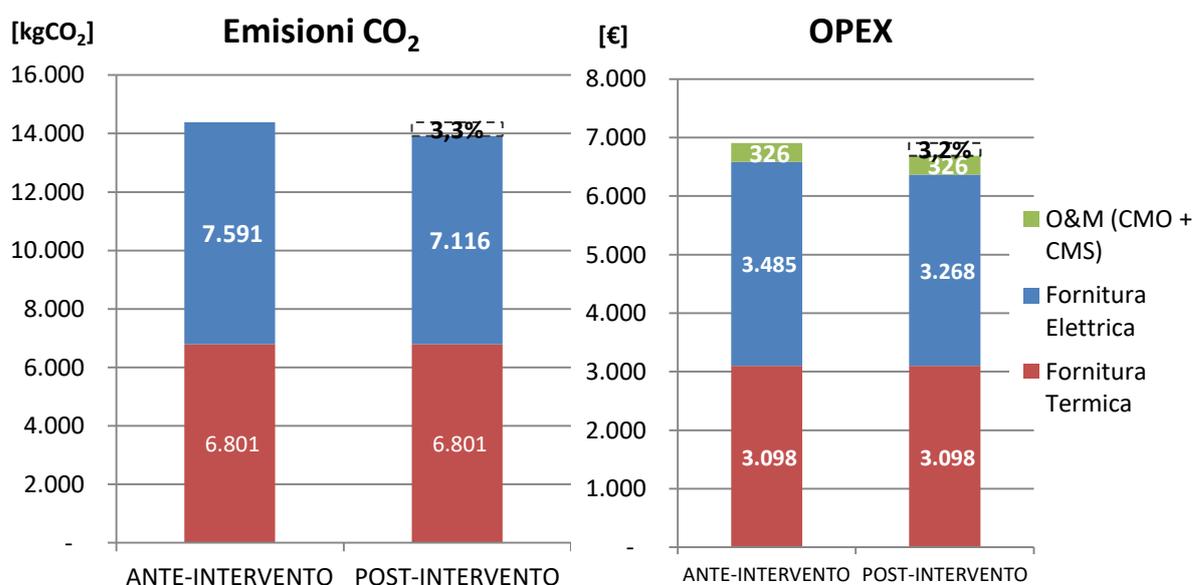
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.26.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazioni di pompa inverter

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Assorbimento elettrico	W	225	30	86,7%
Q _{teorico}	[kWh]	33.610	33.610	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	16.274	15.257	6,2%
Q _{baseline}	[kWh]	33.668	33.668	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	16.254	15.239	6,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	6.801	6.801	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.591	7.116	6,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	14.392	13.917	3,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	3.098	3.098	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.485	3.268	6,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.583	6.366	3,3%
C _{MO}	[€]	293	293	0,0%
C _{MS}	[€]	33	33	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	326	326	0,0%
OPEX	[€]	6.909	6.691	3,2%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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

EEM4: Valvole termostatiche

Generalità

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

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

Figura 8.7 – Particolare terminali di emissione



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

Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio $5\pm 100^{\circ}\text{C}$. Pressione massima d'esercizio 10 bar.

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

Tutte le valvole termostatiche sono dotate di coperchio antimanomissione e anti vandalismo.

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

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.14 e nella Figura 8.28.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione valvole termostatiche

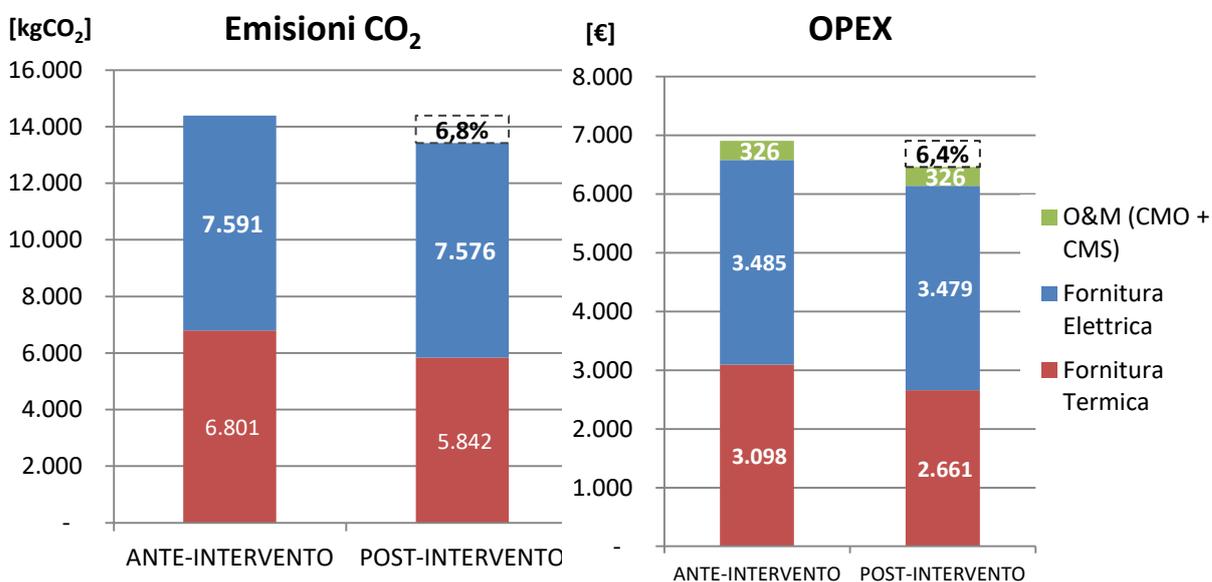
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	-	86	99	-15,1%
Q_{teorico}	[kWh]	33.610	28.872	14,1%
EE_{teorico}	[kWh]	16.274	16.243	0,2%
Q_{baseline}	[kWh]	33.668	28.922	14,1%
EE_{baseline}	[kWh]	16.254	16.223	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	6.801	5.842	14,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.591	7.576	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	14.392	13.419	6,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	3.098	2.661	14,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.485	3.479	0,2%

Fornitura Energia, C_e	[€]	6.583	6.140	6,7%
C _{MO}	[€]	293	293	0,0%
C _{MS}	[€]	33	33	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	326	326	0,0%
OPEX	[€]	6.909	6.466	6,4%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Si fa presente che per l'edificio in esame il fabbisogno di ACS è soddisfatto da un sistema combinato per la produzione del calore. Ne consegue che l'efficiamento dell'impianto di riscaldamento comporta l'efficiamento anche del sistema di produzione dell'ACS.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Sorgenti luminose con tecnologia LED

Generalità

L'intervento di re-lamping con illuminazione a LED prevede l'integrale sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti al interno ed al esterno dell'edificio scolastico con illuminazione LED ad alta efficienza luminosa e bassi consumi.

L'intervento inoltre prevede un netto miglioramento delle caratteristiche illuminotecniche e quindi delle condizioni di comfort d'uso da parte degli utilizzatori della Scuola.

Figura 8.9 – Particolare pompe di circolazione



Caratteristiche funzionali e tecniche

La disposizione e la tipologia dei nuovi corpi illuminanti saranno tali da garantire i livelli di illuminamento prescritti dalla norma UNI 12464-1 in funzione delle attività svolte negli ambienti in cui si trovano.

L'illuminazione esterna sarà realizzata in maniera tale da garantire adeguati livelli di illuminamento in corrispondenza degli accessi pedonali e carrabile.

Anche l'illuminazione di sicurezza dell'edificio sarà con nuove lampade a tecnologia LED.

Tale misura può ridurre il consumo di energia elettrica (15-25%).

Descrizione dei lavori

La posa dei corpi illuminanti deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

L'intervento proposto comprende le seguenti opere e lavorazioni:

- Rimozione di tutti corpi illuminanti interni ed esterni;
- Fornitura e posa in opera di nuovi corpi illuminanti a LED posati all'interno del controsoffitto;

Prestazioni raggiungibili

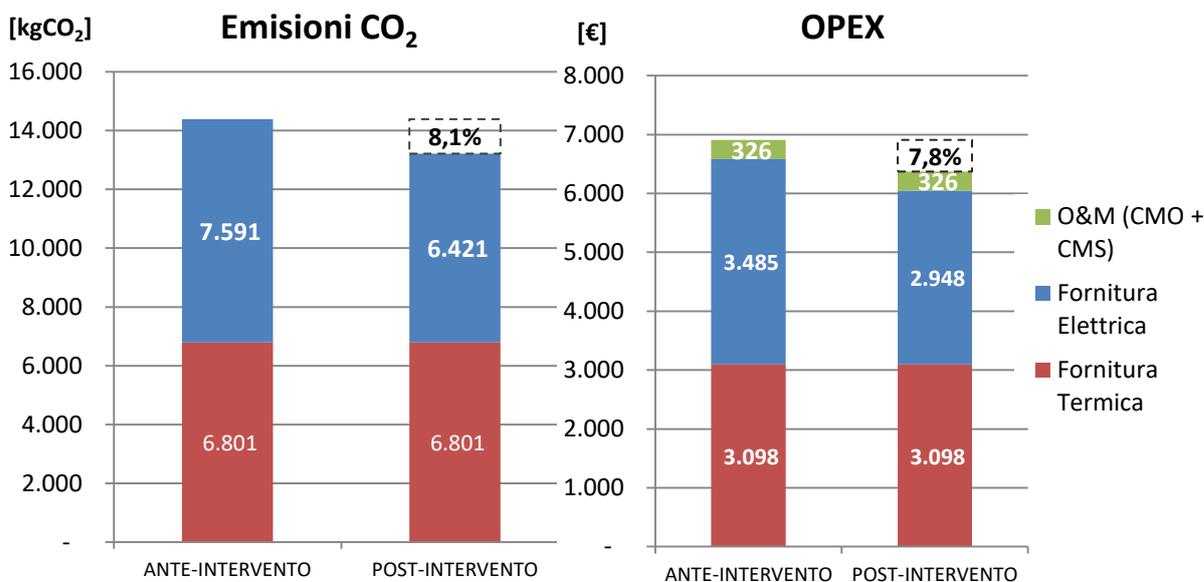
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.15 e nella Figura 8.210.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – UNI TS 11300

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza elettrica installata	kW	3900	1950	50,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	33.610	33.610	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	16.274	13.766	15,4%
$Q_{baseline}$	[kWh]	33.668	33.668	0,0%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	16.254	13.749	15,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	6.801	6.801	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.591	6.421	15,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	14.392	13.222	8,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	3.098	3.098	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.485	2.948	15,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.583	6.046	8,2%
C_{MO}	[€]	293	293	0,0%
C_{MS}	[€]	33	33	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	326	326	0,0%
OPEX	[€]	6.909	6.372	7,8%
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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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


9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento solaio sottotetto

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento del solaio di sottotetto mediante la stesura di materassino di materiale isolante.

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 sottotetto

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Materassino in lana di vetro 20cm	Liguria 2017	150	€/mq	8,334	1.250,10 €	275,02 €	1.525,12 €
Posa materassino isolante	Liguria 2017	150	€/mq	4,221	633,15 €	139,29 €	772,44 €
Costi per la sicurezza (3%)					56,50 €	12,43 €	68,93 €
Costi per la progettazione (8%)					131,83 €	29,00 €	160,83 €
TOTALE (I₀)					2.071,58 €	455,75 €	2.527,32 €
Incentivi	Conto termico					[€]	1.011
Durata incentivi						[Anni]	5
Incentivo annuo						[€/anno]	202

EEM2: Installazione caldaia a condensazione

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di una caldaia murale a condensazione in sostituzione di quella presente.

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 – Installazione caldaia a condensazione

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione di caldaia esistente	CCIAA RE	1	cad	3697,5	3.697,50 €	813,45 €	4.510,95 €
Fornitura di caldaia a condensazione da 24 kW	Liguria 2017	1	cad	1246,662	1.246,66 €	274,27 €	1.520,93 €
Posa in opera di caldaia murale	Liguria 2017	1	cad	299,196	299,20 €	65,82 €	365,02 €
Costi per la sicurezza (3%)					157,30 €	34,61 €	191,91 €
Costi per la progettazione (8%)					367,04 €	80,75 €	447,78 €
TOTALE (I₀)					5.767,69 €	1.268,89 €	7.036,59 €
Incentivi	Conto termico					[€]	2.815
Durata incentivi						[Anni]	5
Incentivo annuo						[€/anno]	563

EEM3: Installazione pompe inverter

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione degli attuali circolatori con nuovi elettronici a giri variabili (inverter).

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione pompa inverter

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa in opera di nuovo circolatore	Liguria 2017	1	cad	45,054	45,05 €	9,91 €	54,97 €
Fornitura di circolatore inverter 1"1/4	Liguria 2017	1	cad	968,013	968,01 €	212,96 €	1.180,98 €
Costi per la sicurezza (3%)					30,39 €	6,69 €	37,08 €
Costi per la progettazione (8%)					70,91 €	15,60 €	86,52 €
TOTALE (I₀)					1.114,37 €	245,16 €	1.359,54 €

EEM4: Installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione 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	18	cad	37,233	670,19 €	147,44 €	817,64 €
Costi per la sicurezza (3%)					20,11 €	4,42 €	24,53 €
Costi per la progettazione (8%)					46,91 €	10,32 €	57,23 €
TOTALE (I₀)					737,21 €	162,19 €	899,40 €

EEM5: Installazione lampade a LED

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nel relamping totale dell'edificio con nuove lampade a tecnologia LED.

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 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione lampade a LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione corpi illuminanti	Milano	68	cad	5,21	354,28 €	77,94 €	432,22 €
Plafoniera ad incasso per controsoffitto	Milano	59	cad	179,57	10.594,63 €	2.330,82 €	12.925,45 €
Plafoniera a tenuta stagna	Milano	8	cad	87,49	699,92 €	153,98 €	853,90 €
Lampada a LED	DEI Imp. Ele. 2017	236	cad	15,37	3.627,32 €	798,01 €	4.425,33 €
Trasformatori	Piemonte 2018	7	cad	63,71	445,97 €	98,11 €	544,08 €
Costi per la sicurezza (3%)					471,66 €	103,77 €	575,43 €
Costi per la progettazione (8%)					1.100,55 €	242,12 €	1.342,67 €
TOTALE (I₀)					17.294,33 €	3.804,75 €	21.099,09 €
Incentivi	Conto termico					[€]	8.440
Durata incentivi						[Anni]	5
Incentivo annuo						[€/anno]	1.688

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 sottotetto

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 sottotetto

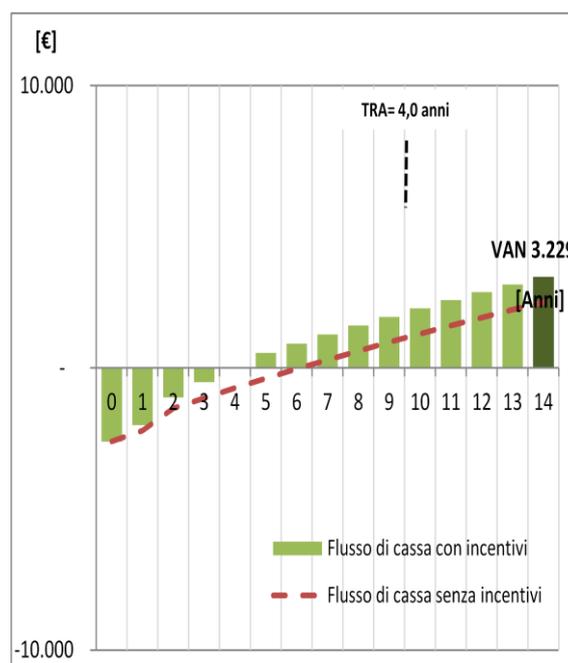
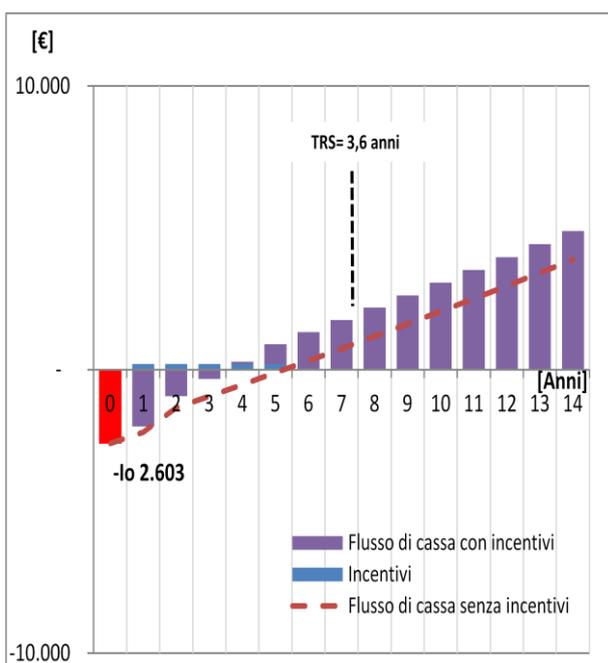
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 2.527
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno 202
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 5,4	3,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA 6,3	4,0
Valore attuale netto	VAN 5.588	6.488
Tasso interno di rendimento	TIR 18,5%	23,9%
Indice di profitto	IP 2,21	2,57

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, l'intervento proposto risulta economicamente conveniente sia con che senza incentivi.

EEM2: Installazione caldaia a condensazione

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– Installazione caldaia a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 7.037
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 563
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 6,7	4,3
Tempo di rientro attualizzato	TRa 8,2	4,7
Valore attuale netto	VAN 3.754	6.260
Tasso interno di rendimento	TIR 11,6%	17,9%
Indice di profitto	IP 0,53	0,89

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

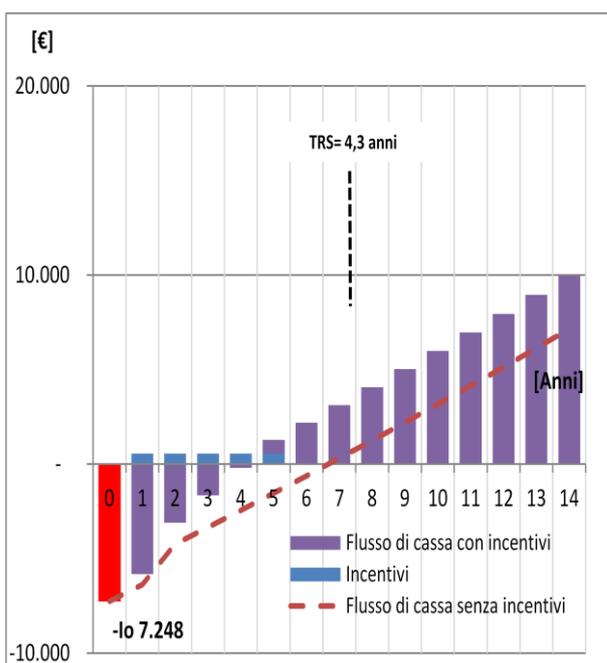
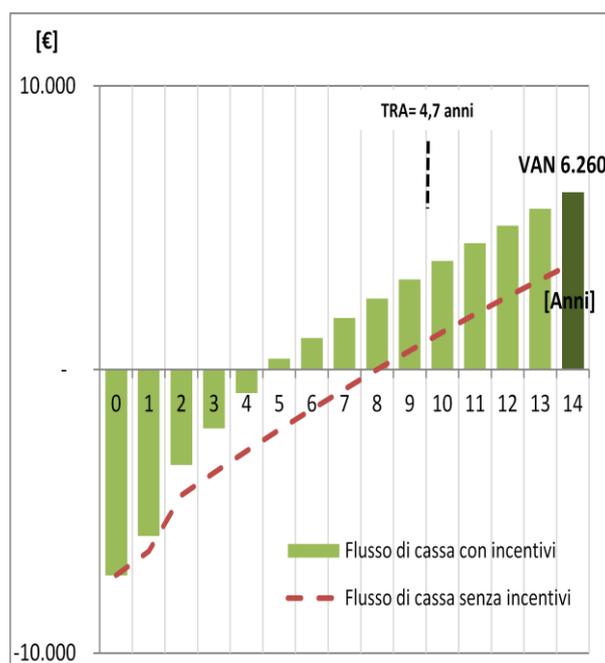


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata, l'intervento proposto risulta economicamente conveniente sia con che senza incentivi.

EEM3: Installazione pompe invertir

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– Installazione pompa invertir

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 1.360
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	6,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,5
Valore attuale netto	VAN	875
Tasso interno di rendimento	TIR	12,9%
Indice di profitto	IP	0,64

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

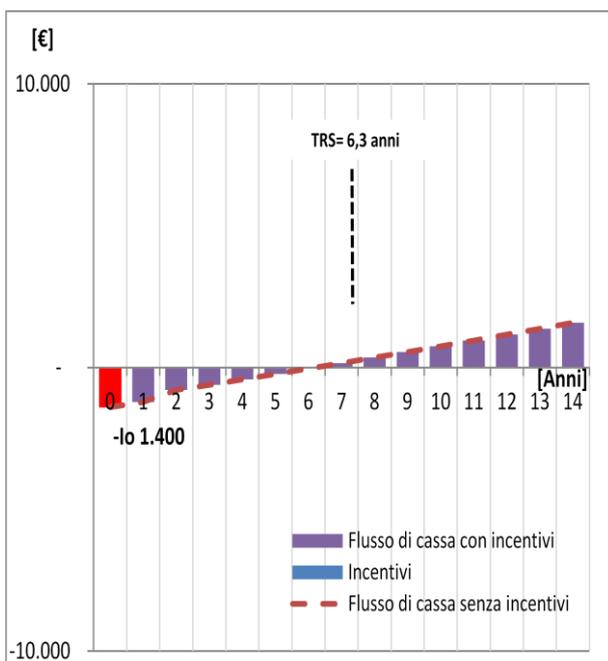
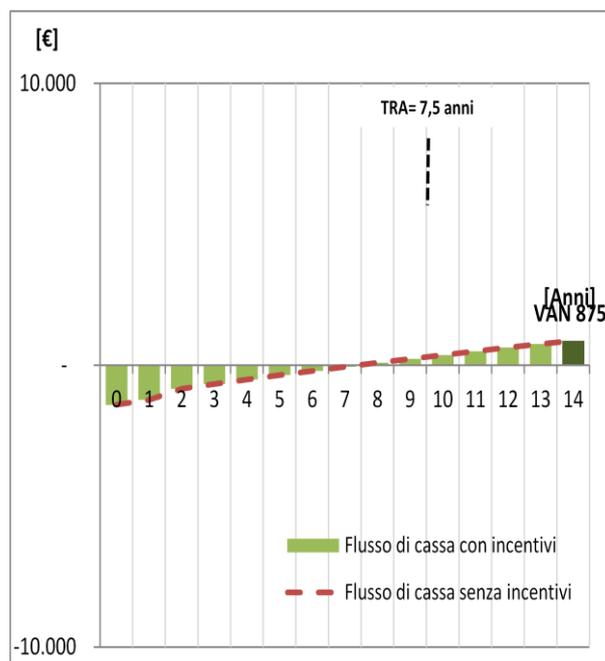


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata, l'intervento proposto risulta economicamente conveniente.

EEM4: Installazione valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 899
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,4
Valore attuale netto	VAN	3.395
Tasso interno di rendimento	TIR	44,2%
Indice di profitto	IP	3,77

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

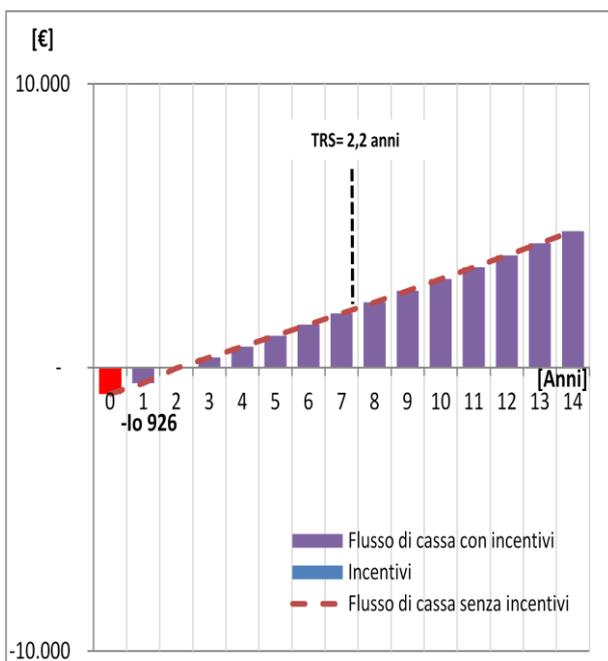
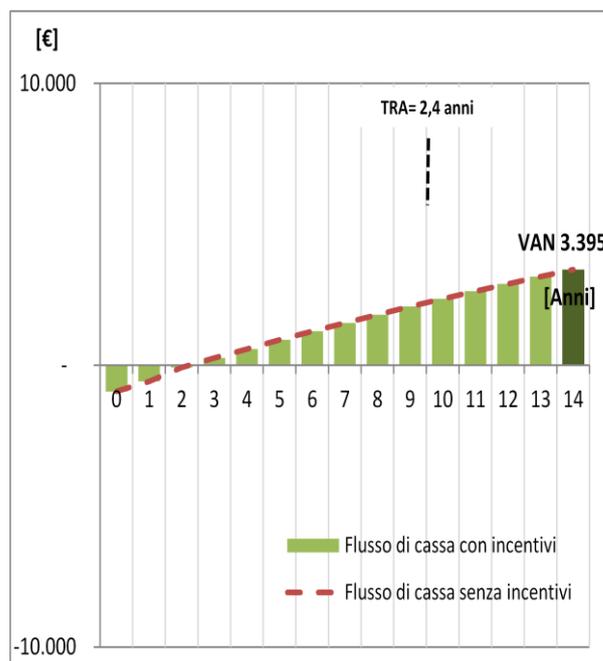


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata, l'intervento proposto risulta economicamente conveniente.

EEM5: Installazione lampade a LED

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– Installazione lampade a LED

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 21.099
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 8
Incentivo annuo	B	€/anno 1.688
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	24,7 11,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	27,7 12,6
Valore attuale netto	VAN	- 15.447 - 7.933
Tasso interno di rendimento	TIR	-27,5% -10,3%
Indice di profitto	IP	-0,73 -0,38

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

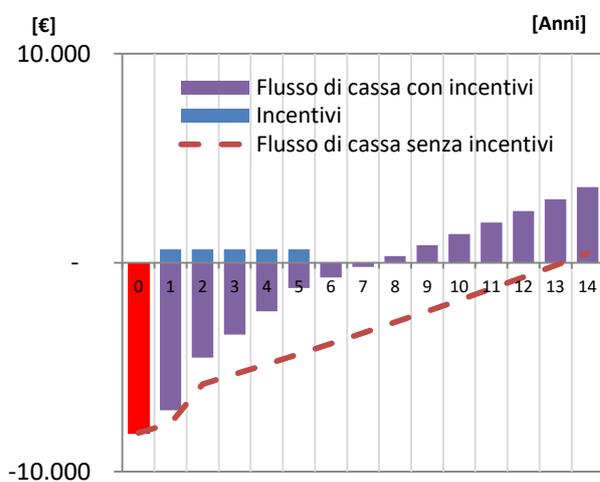
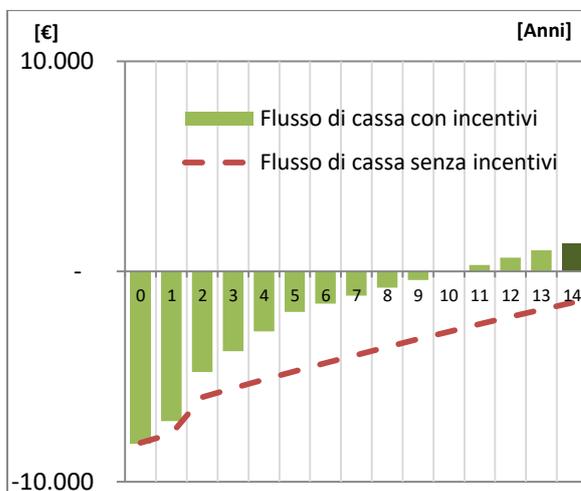


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata, l'intervento proposto non risulta economicamente conveniente anche in presenza di incentivi.

Sintesi

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

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

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	7,3	7,3	479	-	-	2.527	5,4	6,3	30	5.588	18,5	2,21
EEM 2	15,5	15,5	1.013	29	3	7.037	6,7	8,2	15	3.754	11,6	0,53
EEM 3	3,3	3,3	217	-	-	1.360	6,3	7,5	15	875	12,9	0,64
EEM 4	6,8	6,8	443	-	-	899	2,2	2,4	15	3.395	44,2	3,77
EEM 5	8,1	8,1	537	-	-	21.099	24,7	27,7	8	-15.447	-27,5	-0,73

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 [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	7,3	7,3	479	-	-	2.527	3,6	4,0	30	6.488	23,9	2,57
EEM 2	15,5	15,5	1.013	29	3	7.037	4,3	4,7	15	6.260	17,9	0,89
EEM 3	3,3	3,3	217	-	-	1.360	6,3	7,5	15	875	12,9	0,64
EEM 4	6,8	6,8	443	-	-	899	2,2	2,4	15	3.395	44,2	3,77
EEM 5	8,1	8,1	537	-	-	21.099	11,2	12,6	8	-7.933	-10,3	-0,38

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:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM2, EEM3 ed EEM4 cioè nell'installazione di una caldaia a condensazione, di circolatori con tecnologia inverter e di valvole termostatiche su tutti i radiatori dell'edificio.
- **Scenario 2: INVOLUCRO, GENERATORE ED ILLUMINAZIONE:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM1, EEM2 ed EEM5 cioè nell'isolamento del solaio di sottotetto mediante materassino in lana di vetro, la sostituzione del generatore di calore con uno modulante a condensazione e nel relamping generale di tutti gli ambienti mediante tecnologia LED;

9.3.1 Scenario 1: IMPIANTO TERMICO

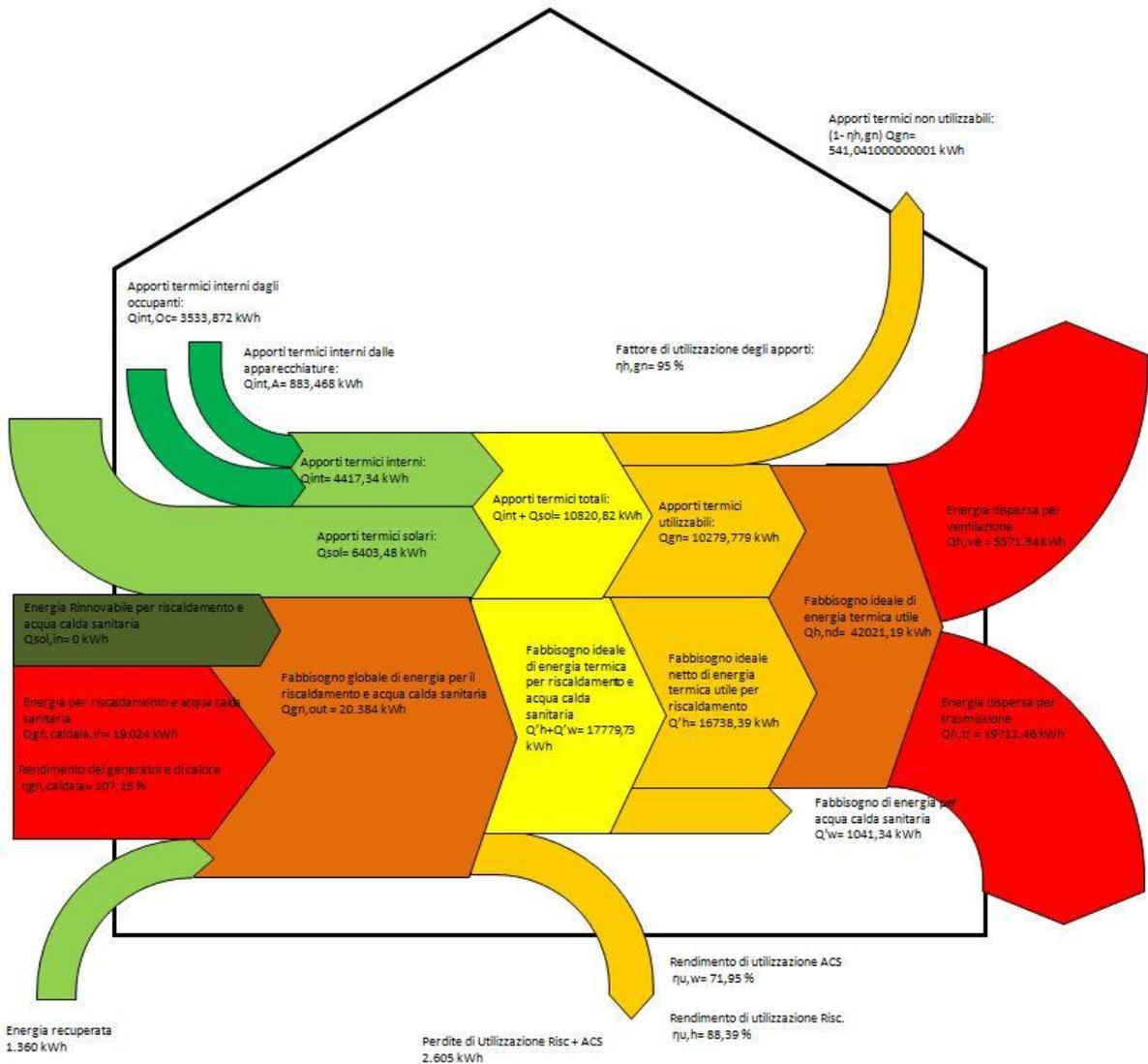
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 Fornitura & Posa	5.243,36 €	1.153,54 €	6.396,90 €
EEM3 Fornitura & Posa	1.013,07 €	222,87 €	1.235,94 €
EEM4 Fornitura & Posa	670,19 €	147,44 €	817,64 €
Costi per la sicurezza	207,80 €	45,72 €	253,51 €
Costi per la progettazione	484,86 €	106,67 €	591,53 €
TOTALE (I₀)	7.619,28 €	1.676,24 €	9.295,52 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 O&M	263,76 €	29,31 €	293,07 €
EEM3 O&M	293,07 €	32,56 €	325,63 €
EEM4 O&M	293,07 €	32,56 €	325,63 €
TOTALE (C_M)	263,76 €	29,31 €	293,07 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	3.718,21	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		743,64	€/Anno

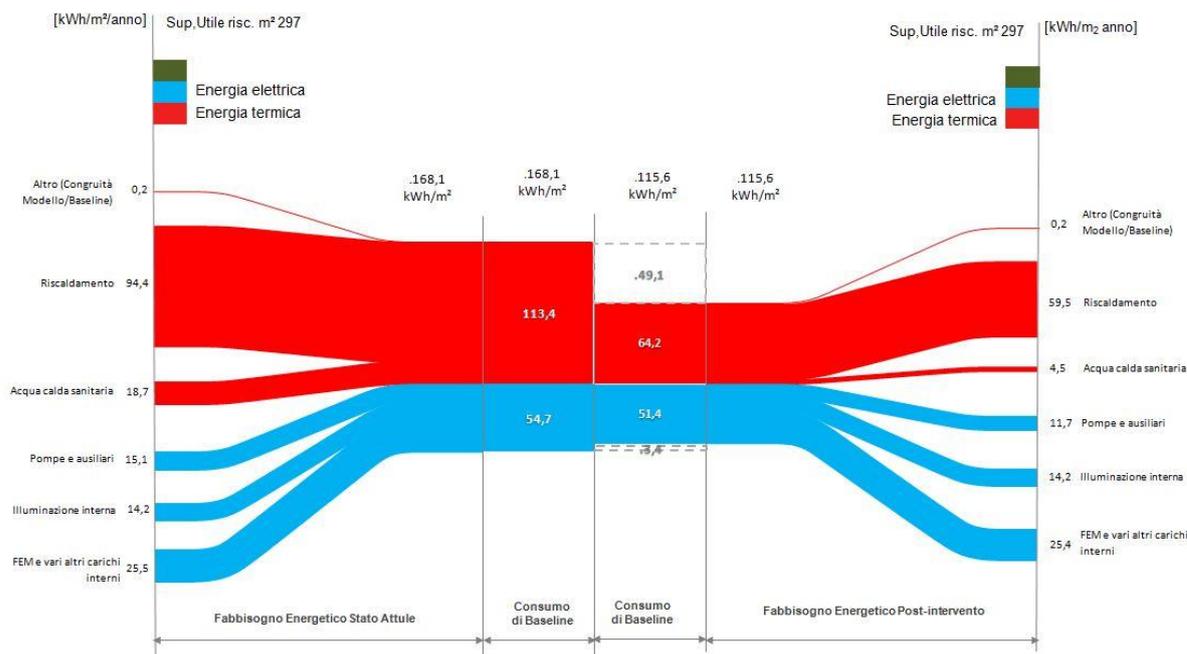
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.11 – 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 le perdite per trasmissione dovute all’involucro edilizio sono ridotte del 10% circa.

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



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

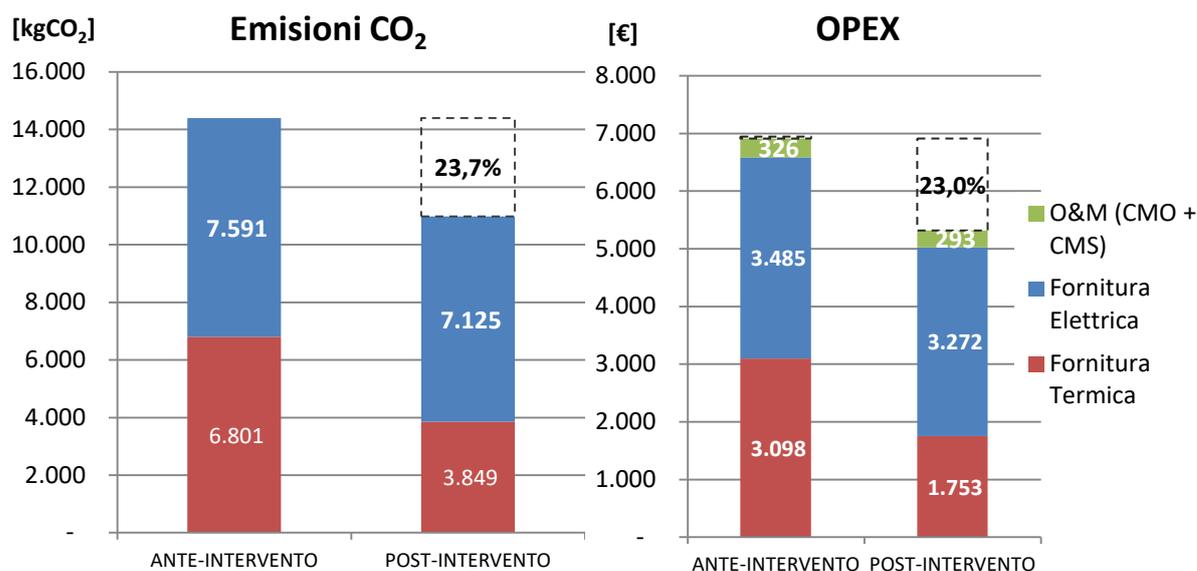
Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – INVOLUCRO, GENERATORE ED ILLUMINAZIONE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Rendimento di generazione	[-]	88	107	-21,6%
EEM3 - Assorbimento elettrico	[W]	225	30	86,7%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	86	99	-15,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	33.610	19.024	43,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	16.274	15.275	6,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	33.668	19.057	43,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	16.254	15.257	6,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	6.801	3.849	43,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.591	7.125	6,1%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	14.392	10.974	23,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	3.098	1.753	43,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.485	3.272	6,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.583	5.025	23,7%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	293	264	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	33	29	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	326	293	10,0%
OPEX	[€]	6.909	5.318	23,0%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/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. 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– INVOLUCRO E ILLUMINAZIONE

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	5
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 9.296
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 279
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 9.574
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 7.660

E1197 – Asilo nido “Lo Sciattolo”

Equity	I_E	€	1.915
Fattore di annualità Debito	FA_D		4,55
Rata annua debito	q_D	€	1.685
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	8.426
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	766

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	5.369
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	267
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€	5.636
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		23,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	900
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	9.692
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	1.554
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		79,96%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	547
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	55
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	299
Canone O&M €/anno	CnM	€	249
Canone Energia €/anno	CnE	€	4.486
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	4.736
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	900
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	5.636
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	1.676
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	3.718
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.		5,55
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		6,18
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	5.096
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		14,60%
Indice di Profitto	IP		54,83%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		5,64
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		6,23
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	3.313
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		33,64%

Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,095
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	2,528
Indice di Profitto Azionista	IP	35,64%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

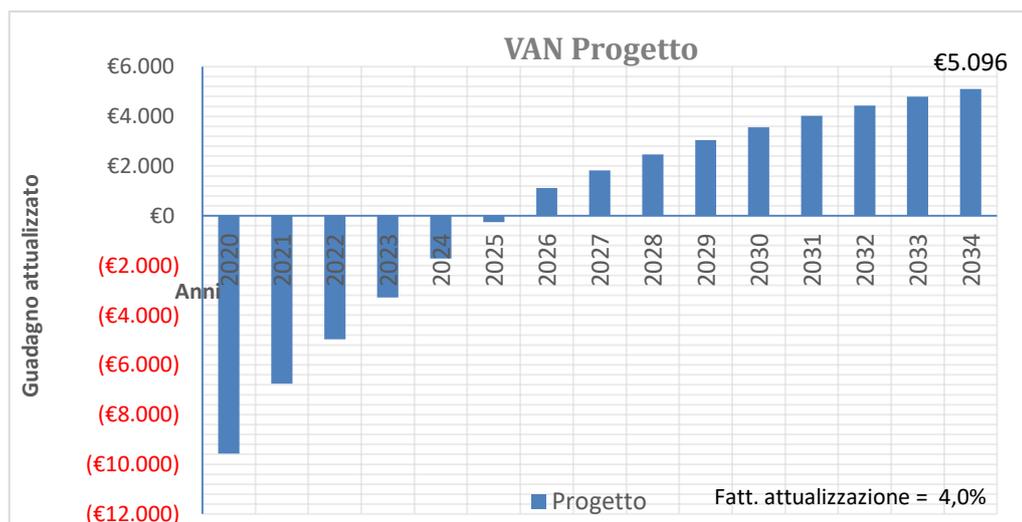
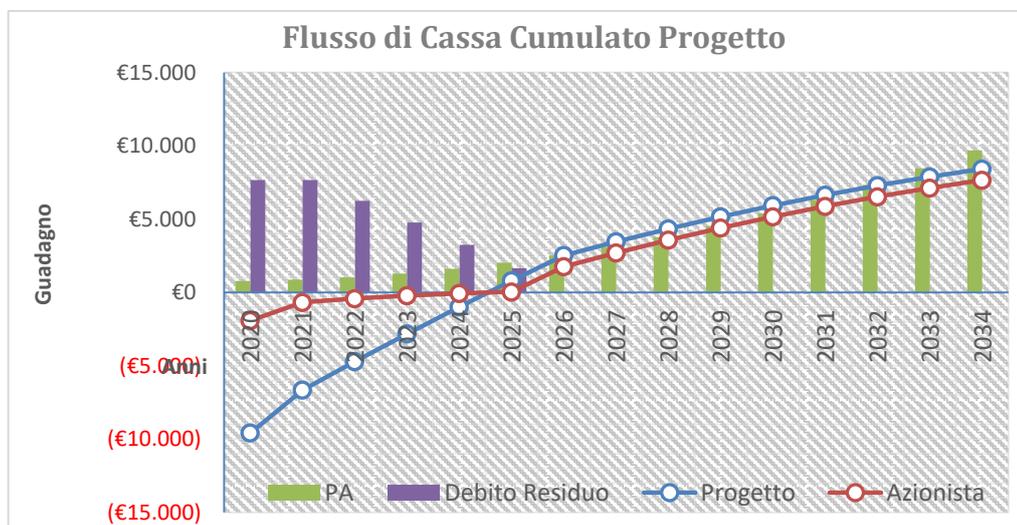
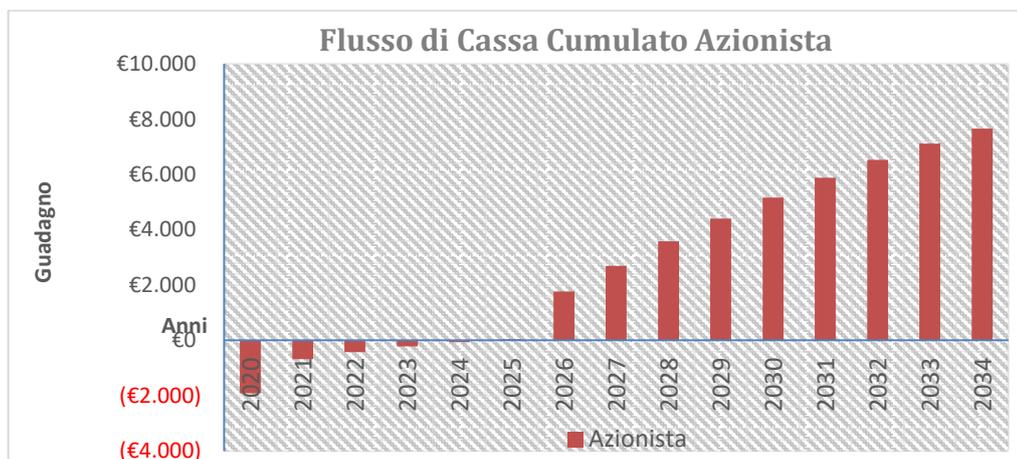


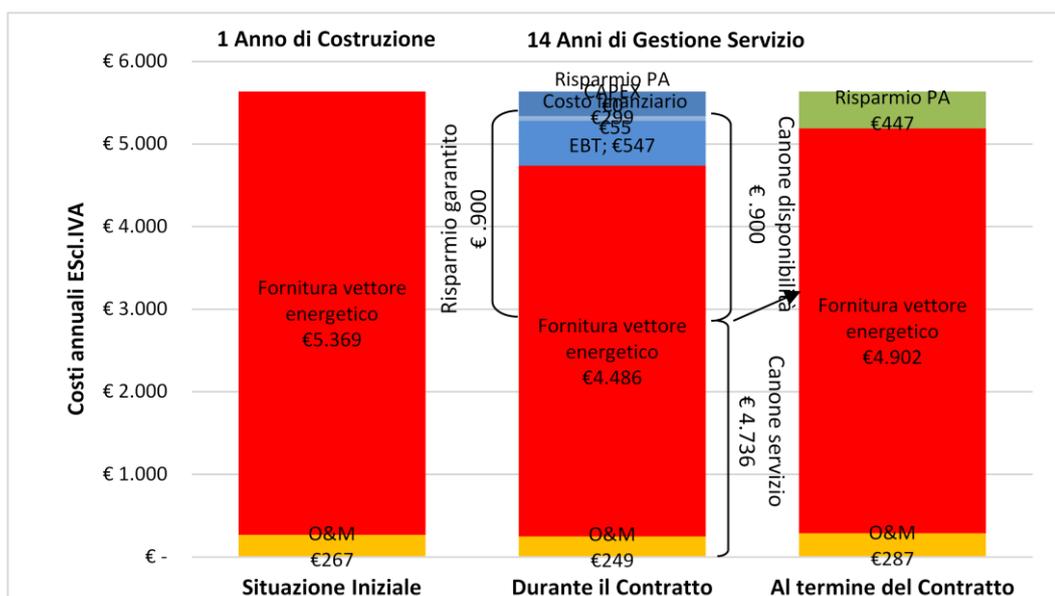
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista





Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi (se applicabili) 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, GENERATORE ED IMPIANTO ILLUMINAZIONE

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	1.883,25 €	414,32 €	2.297,57 €
EEM2 Fornitura & Posa	5.243,36 €	1.153,54 €	6.396,90 €
EEM5 Fornitura & Posa	15.722,12 €	3.458,87 €	19.180,99 €
Costi per la sicurezza	685,46 €	150,80 €	836,26 €
Costi per la progettazione	1.599,41 €	351,87 €	1.951,28 €
TOTALE (I₀)	25.133,60 €	5.529,39 €	30.662,99 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	293,07 €	32,56 €	325,63 €
EEM2 O&M	263,76 €	29,31 €	293,07 €
EEM5 O&M	293,07 €	32,56 €	325,63 €
TOTALE (C_M)	263,76 €	29,31 €	293,07 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	12.265,20	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		2.453,04	€/Anno

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

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

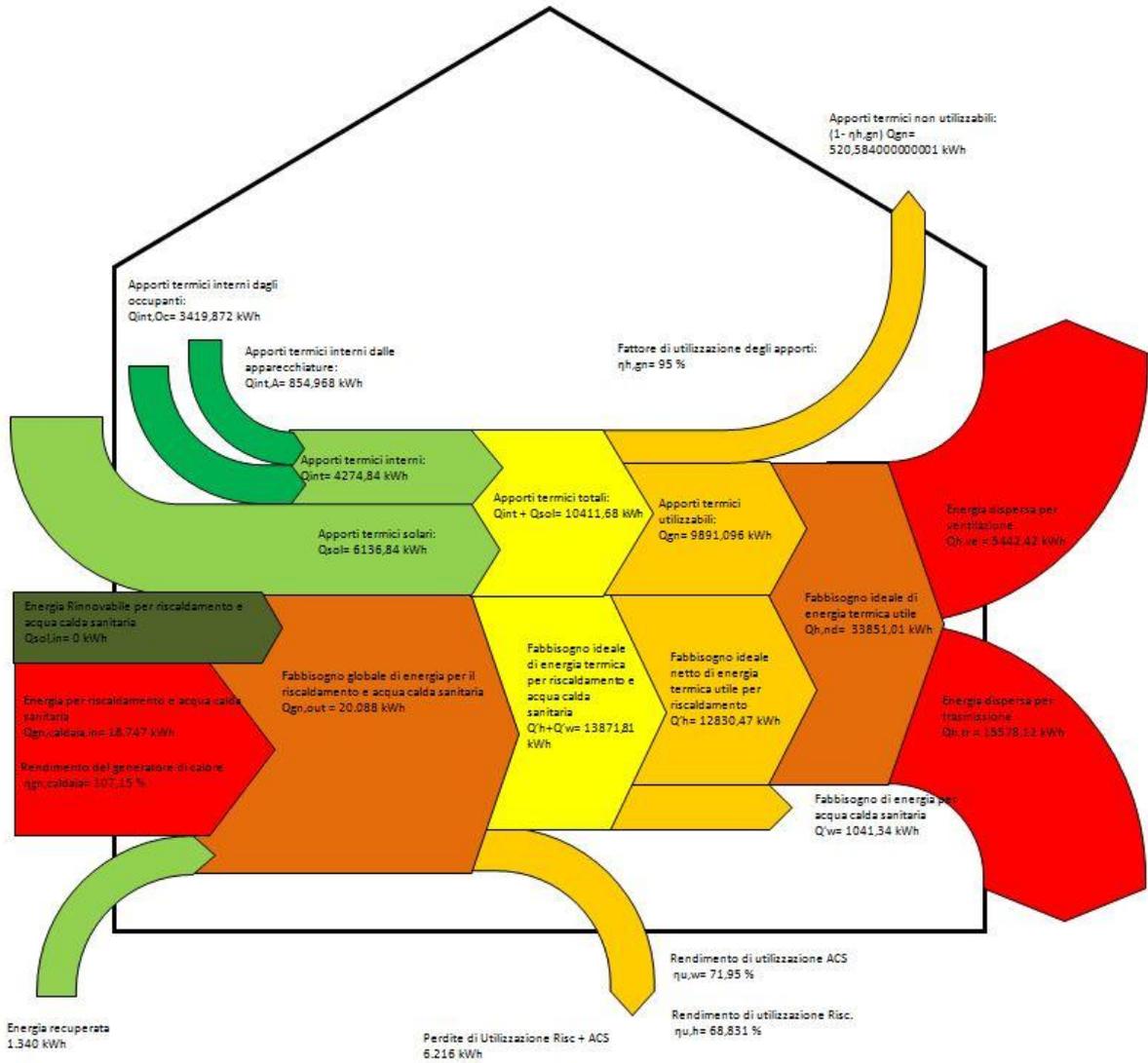
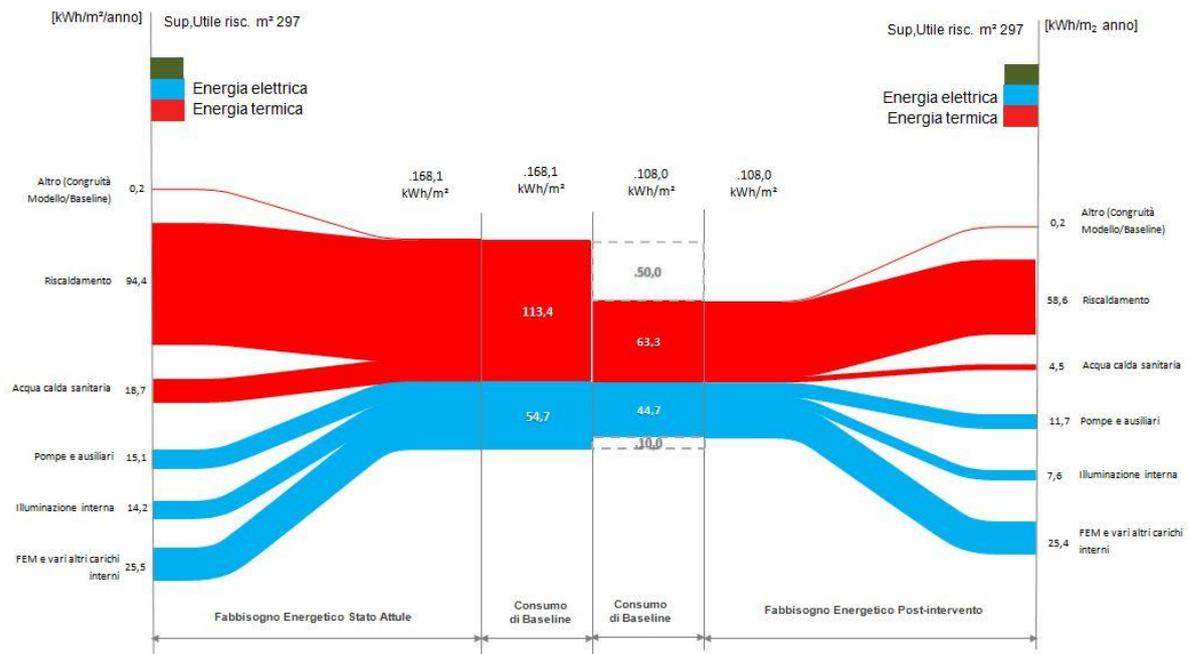


Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



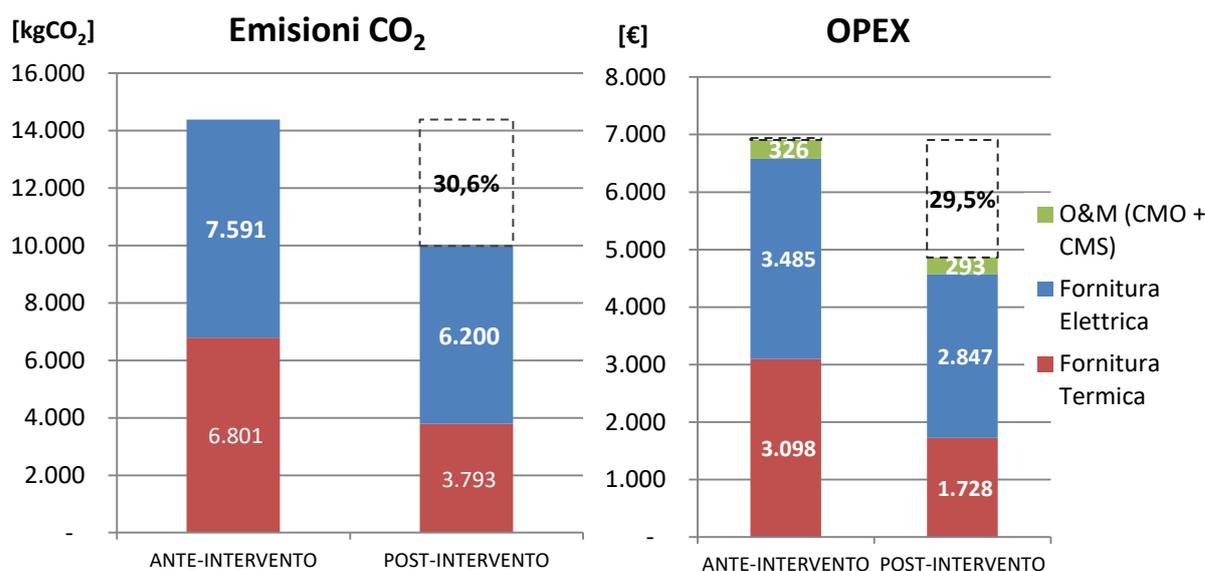
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.13

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,84	0,21	88,6%
EEM2 - Rendimento di generazione	[-]	88	107	-21,6%
EEM5 - Potenza installata	[W]	3900	1950	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	33.610	18.747	44,2%
EE _{teorico}	[kWh]	16.274	13.292	18,3%
Q _{baseline}	[kWh]	33.668	18.779	44,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	16.254	13.276	18,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	6.801	3.793	44,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.591	6.200	18,3%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	14.392	9.993	30,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	3.098	1.728	44,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.485	2.847	18,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.583	4.575	30,5%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	293	264	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	33	29	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	326	293	10,0%
OPEX	[€]	6.909	4.868	29,5%
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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/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. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
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	20
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 30.663
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 920
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 31.583
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 25.266

E1197 – Asilo nido “Lo Sciattolo”

Equity	I_E	€	6.317
Fattore di annualità Debito	FA_D		13,97
Rata annua debito	q_D	€	1.808
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	36.165
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	10.899

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	5.369
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	267
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€	5.636
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		31,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	1.063
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	27.523
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	2.281
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		2,62%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	35
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	454
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	575
Canone O&M €/anno	CnM	€	256
Canone Energia €/anno	CnE	€	4.317
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	4.573
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	1.063
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	5.636
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	5.529
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	12.265
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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.		10,58
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		17,91
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	VAN > 0	€	1.930
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		5,07%
Indice di Profitto	IP		6,29%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		2,23
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,74
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	VAN > 0	€	3.285
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		45,94%

Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,105
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,570
Indice di Profitto Azionista	IP	10,71%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

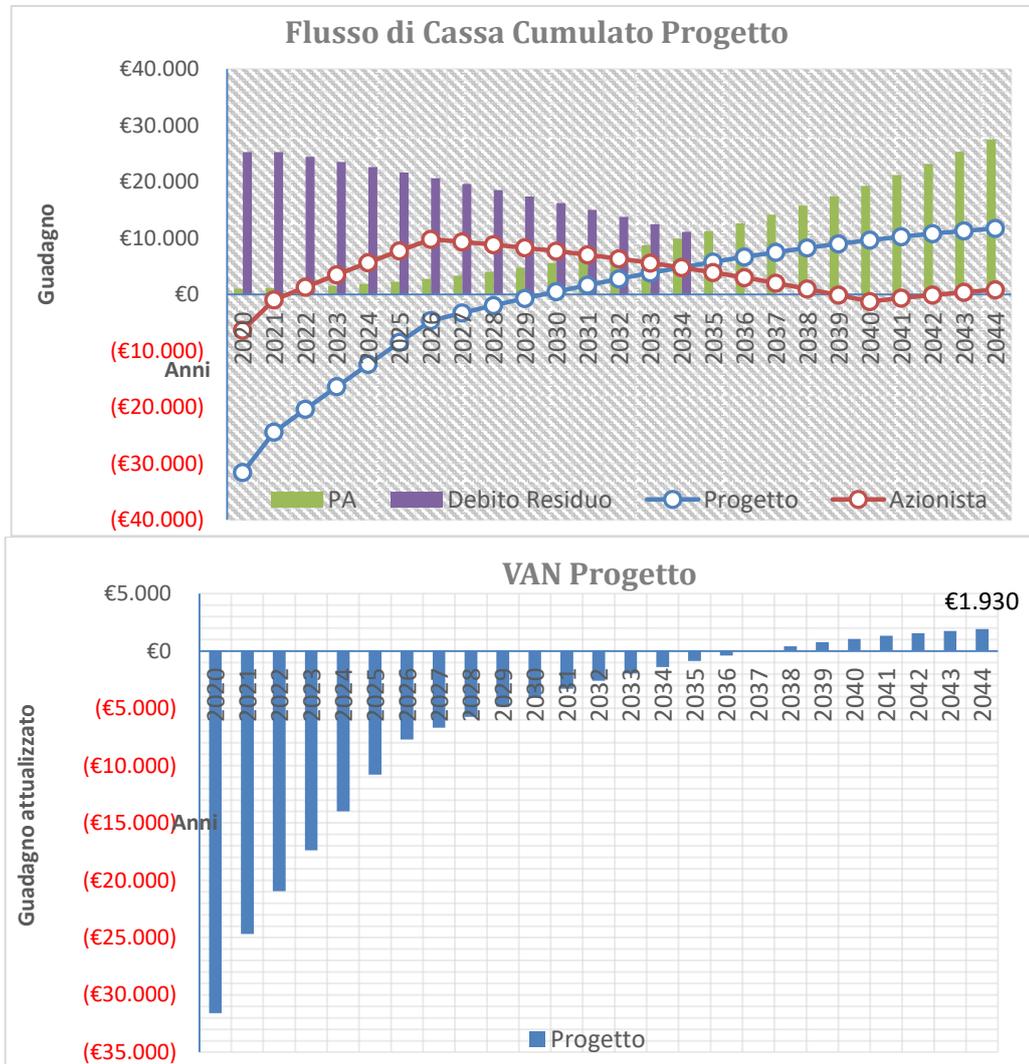


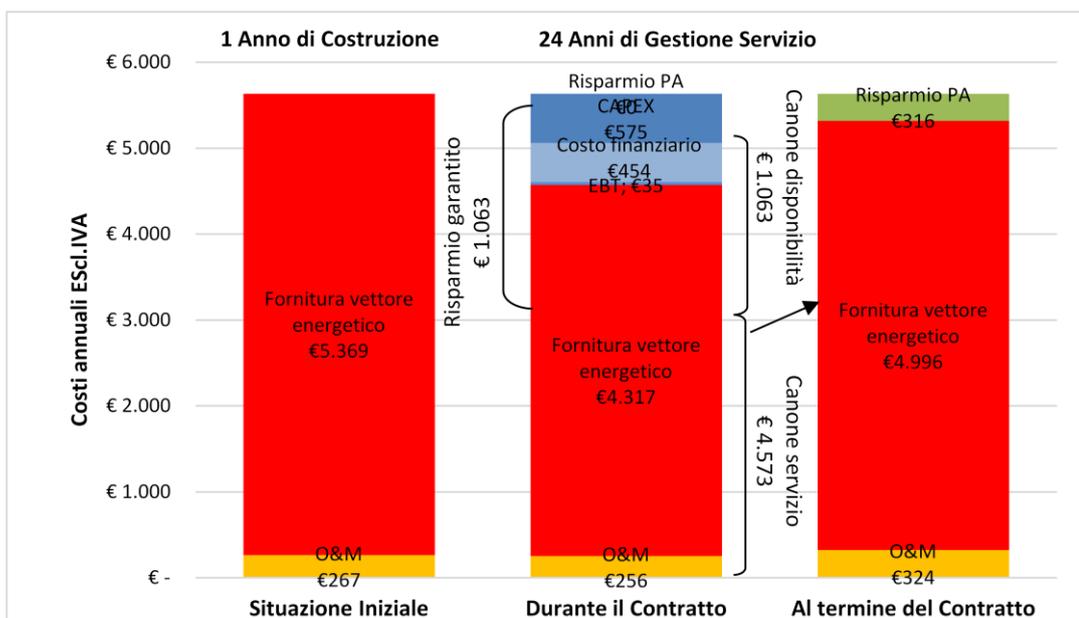
Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista





Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi (se applicabili) 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:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM2, EEM3 ed EEM4 cioè nell'installazione di una caldaia a condensazione, di circolatori con tecnologia inverter e di valvole termostatiche su tutti i radiatori dell'edificio.
- **Scenario 2: INVOLUCRO, GENERATORE ED ILLUMINAZIONE:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM1, EEM2 ed EEM5 cioè nell'isolamento del solaio di sottotetto mediante materassino in lana di vetro, la sostituzione del generatore di calore con uno modulante a condensazione e nel relamping generale di tutti gli ambienti mediante tecnologia LED.

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Rendimento di generazione	[-]	88	107	-21,6%
EEM3 - Assorbimento elettrico	[W]	225	30	86,7%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	86	99	-15,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	33.610	19.024	43,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	16.274	15.275	6,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	33.668	19.057	43,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	16.254	15.257	6,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	6.801	3.849	43,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.591	7.125	6,1%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	14.392	10.974	23,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	3.098	1.753	43,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.485	3.272	6,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.583	5.025	23,7%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	293	264	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	33	29	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	326	293	10,0%
OPEX	[€]	6.909	5.318	23,0%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico

Risultati analisi SCN2 –INVOLUCRO, GENERATORE ED ILLUMINAZIONE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,84	0,21	88,6%
EEM2 - Rendimento di generazione	[-]	88	107	-21,6%
EEM5 - Potenza installata	[W]	3900	1950	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	33.610	18.747	44,2%
EE _{teorico}	[kWh]	16.274	13.292	18,3%
Q _{baseline}	[kWh]	33.668	18.779	44,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	16.254	13.276	18,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	6.801	3.793	44,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.591	6.200	18,3%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	14.392	9.993	30,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	3.098	1.728	44,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.485	2.847	18,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.583	4.575	30,5%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	293	264	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	33	29	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	326	293	10,0%
OPEX	[€]	6.909	4.868	29,5%
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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

	CON INCENTIVI												
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	23,7	23,7	1.558	29	3	9.296	5,64	6,23	3.313	33,64	35,64	1,095	2,528
SCN 2	30,6	30,6	2.008	29	3	30.663	2,23	2,74	3.285	45,94	10,71	1,105	0,57

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata emerge che è possibile effettuare il miglioramento energetico in condizioni standard di almeno due classi energetiche, ed in particolare dalla classe energetica G alla E. Questo miglioramento è ottenibile attraverso gli scenari proposti e concernenti le specifiche tecniche riportate.

Gli interventi proposti mirano, oltre che a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico, con particolare riferimento alle gravi condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell'impianto termico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l'efficientamento dell'impianto termico mediante la sostituzione del generatore, l'installazione di un circolatore ad alta efficienza ed un sistema di controllo della temperatura per singolo ambiente. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore a gas metano

esistente, con nuovo sistema a condensazione risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica.

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si evidenzia che esso è maggiore per lo scenario 2, benché economicamente meno conveniente, determinando un riduzione complessiva di **4.398 kg CO2**.

In termini di energia primaria totale, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, sarebbe possibile risparmiare **22.822 kWh**.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto.n5- E1197_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1197_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici DE_Lotto.n5 – E1197_ ALLEGATO B_rev D _Diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto.n5 – E1197_ ALLEGATO B_rev D _Planimetrie con posizione impianti e contatori DE_Lotto.n5 – E1197_ ALLEGATO B_rev D _Schema funzionale CT DE_Lotto.n5-E1197_rev D_ ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto.n5-E1197_rev D_ ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto.n5-E1197_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1197_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1197_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1197_rev D-ALLEGATO D_Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1197_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	30/03/18	DE_Lotto.n5 – E1197_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	29/03/18	DE_Lotto.n5 – E1197_rev A-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (XML)	29/03/18	DE_Lotto.n5 – E1197_rev A-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	29/03/18	DE_Lotto.n5 – E1197_rev A-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	29/03/18	DE_Lotto.n5 – E1197_rev A-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE_2018_12200
APE stato di fatto XML (con firma digitale)	29/03/18	DE_Lotto.n5 – E1197_rev A-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 – E1197_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1197_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1197_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1197_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1197_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 – E1197_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1197_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM