

SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA "SPINOLA" E1637

Via Ambrogio Spinola 4, Via Napoli 2
16134 Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

N:ER
INGEGNERIA

SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA “SPINOLA” E1637

Via Ambrogio Spinola 4 – Via Napoli 2 – 16134 Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Agosto 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

NIER INGEGNERIA S.p.A.

Via Clodoveo Bonazzi 2

40013 – Castel Maggiore – Bologna

051/0391000

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	25/05/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini	Ing. Fabio Coccia	Prima pubblicazione
			Ing. Antonio Aprea		
B	03/08/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini	Ing. Fabio Coccia	Prima Revisione
			Ing. Antonio Aprea		

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.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL’EDIFICIO	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	6
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	6
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	8
TABELLA 2.1 - SUDDIVISIONE IN PIANI DELL’EDIFICIO	8
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.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	14
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	24
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	27
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	27
5.1.1 <i>Energia termica</i>	27
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	36
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	40
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	40
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	41
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	42
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	42
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	46



7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	46
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	46
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	52
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	57
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	58
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	59
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	61
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	61
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	61
EEM1: COIBENTAZIONE DEL SOTTOTETTO		61
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	63
EEM2: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI PER LA SCUOLA		63
EEM3: RISTRUTTURAZIONE IMPIANTO TERMICO POLIZIA MUNICIPALE.....		65
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	68
EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED		68
9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....		71
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	71
EEM1: COIBENTAZIONE DEL SOTTOTETTO		71
EEM2: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE		72
EEM3: RISTRUTTURAZIONE IMPIANTO TERMICO UFFICI POLIZIA MUNICIPALE.....		72
EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED		74
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	75
EEM1: COIBENTAZIONE DEL SOLAIO SOTTOTETTO.....		76
EEM2: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI SCUOLA.....		77
EEM3: RISTRUTTURAZIONE IMPIANTO TERMICO POLIZIA MUNICIPALE.....		78
EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED		79
SINTESI		80
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	81
9.3.1	<i>Scenario 1: TRS < 15 ANNI</i>	84
9.3.2	<i>Scenario 2: TRS < 25 ANNI</i>	90
10 CONCLUSIONI		96
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	96
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	97
10.3	RACCOMANDAZIONI	99
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	101
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		A
ALLEGATO B – ELABORATI		A
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
ALLEGATO N – CD-ROM	1

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		1893
Anno di ristrutturazione		1992 Caldaia scuola 2015 Caldaia cucina Nov 2017 Serramenti c.ca 2007 Sostituzione parziale luci P3 2017
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso (da DPR 412/93)		E.7 (Scuole) E.2 (Uffici)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.967
Superficie disperdente (S)	[m ²]	6.684
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	22.655
Rapporto S/V	[1/m]	0,30
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.525
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.162
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.677
Tipologia generatore riscaldamento		Scuola: Generatore a condensazione Uffici VV UU: generatori tradizionali
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	Scuola: 411,5 VVUU: -
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Scuola: 1 caldaia murale a gas metano 3 boiler elettrici VVUU: combinata con riscaldamento
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	76,2
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	234.911
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	18.289
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	61.557
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.071

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione estradosso del solaio sottotetto
- EEM 2: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 3: Ristrutturazione generazione e regolazione impianto termico uffici polizia municipale
- EEM 4: Sostituzione lampade con apparecchi LED
- SCN 1: Installazione di valvole termostatiche sui radiatori e pompa inverter; retrofit illuminazione
- SCN 2: Coibentazione estradosso del solaio sottotetto, installazione di valvole termostatiche sui radiatori e pompa inverter, ristrutturazione impianto termico zona termica 2 (Uffici Vigili) e sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

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

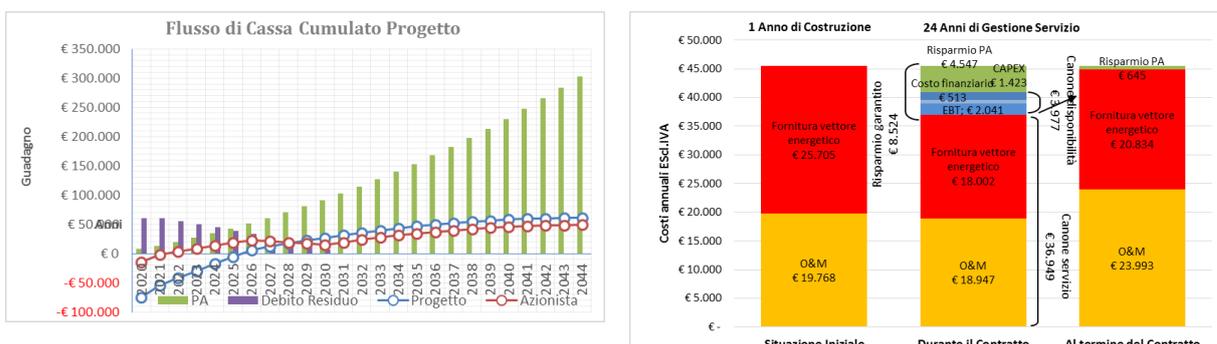
CON INCENTIVI														
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1: Sottotetto	11,3%	9,0%	2642	0	0	34402	6,9	9,7	30	25367	11,3%	0,74	n/a	n/a
EEM 2: Valvole termostatiche	14,7%	11,7%	3459	0	0	14089	3,0	3,4	15	25402	28,5%	1,80	n/a	n/a
EEM 3: Centrale termica VVUU	12,9%	10,6%	3164	0	0	10705	2,8	3,2	15	23208	31,3%	2,17	n/a	n/a
EEM 4: Corpi illuminanti	5,6%	10,1%	3517	0	0	13888	3,2	3,6	15	24717	27,4%	1,78	n/a	n/a
SCN 1 (TRS<15 ANNI)	38,8%	36,5%	11258	0	0	48491	3,2	4,0	15	8843	38,5%	31%	1,142	2,164
SCN 2 (TRS<25 ANNI)	43,4%	40,5%	12508	1915	497	73084	2,3	2,6	25	20542	48,0%	28%	1,32	1,65

*I dati economico-finanziari sono riferiti ad un contratto EPC tramite ESCO

Figura 0.1– Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L’edificio oggetto di diagnosi risale alla fine dell’ottocento, ed ha subito qualche ristrutturazione nel corso degli anni, tra cui la sostituzione degli infissi nel 2007 e l’installazione di una caldaia a condensazione per il riscaldamento nel 2015 passando da gasolio a metano. Dai risultati della modellazione energetica risulta che l’edificio è classificato in classe F secondo la modalità di calcolo standard.

Nella presente Diagnosi sono stati proposti gli interventi di efficientamento che meglio possono rispondere alle esigenze di riduzione delle emissioni di CO2 e allo stesso tempo, risultano sostenibili



dal punto di vista economico-finanziario e perseguibili dal punto di vista dei vincoli urbanistici presenti sull'edificio.

Le tabelle precedenti riassumono, per ciascun intervento proposto, gli obiettivi raggiungibili sia in termini di energia che di ritorno dell'investimento. I singoli interventi con un migliore rapporto costi-benefici sono quelli impiantistici, riguardanti sia l'impianto termico che elettrico.

In ottica di una riqualificazione importante dal punto di vista della riduzione dei consumi, bisognerebbe operare integrando più interventi energetici tra loro. In questa prospettiva, entrambi gli scenari proposti risultano convenienti anche sul piano economico-finanziario. Il secondo scenario in particolare consente un aumento di due classi energetiche dell'edificio, permettendo così di accedere al Fondo Kyoto per l'accesso ai finanziamenti previsti per la realizzazione degli interventi di efficientamento energetico.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società Nier Ingegneria SpA, il cui responsabile per il processo di audit è l'Ing. Fabio Coccia, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Particolare della facciata esposta a Est



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
Ing. Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Ing. Mara Pignataro		Sopralluogo in sito
Ing. Mara Pignataro		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Mara Pignataro		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Mara Pignataro		Redazione report di diagnosi
Ing. Sarah Nicolini	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Antonio Aprea	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Coccia	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU Sezione GEC F. 6 Mapp. 117 Sub. 1 e 2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Oregina, con doppia entrata in Via Ambrogio Spinola 4 e Via Napoli 2.

Figura 1.2 – Ubicazione dell’edificio



L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola primaria e dell’infanzia. Una parte posta al piano terra ospita alcuni uffici della polizia municipale. Il sub.2 è relativo alla ex casa del custode, oggi utilizzata da un’associazione sportiva locale.

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		1893
Anno di ristrutturazione		1992
		Caldaia scuola 2015
		Caldaia cucina Nov 2017
		Serramenti c.ca 2007
		Sostituzione parziale luci P3 2017
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 (Scuole) E.2 (Uffici)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.967
Superficie disperdente (S)	[m ²]	6.684
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	22.655
Rapporto S/V	[1/m]	0,30
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.208
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.525
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1162

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.677
Tipologia generatore riscaldamento		Scuola: Generatore a condensazione Uffici VV UU: generatori tradizionali
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	Scuola: 411,5 VVUU: -
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Scuola: 1 caldaia murale a gas metano 3 boiler elettrici VVUU: combinata con riscaldamento
Emissioni CO2 di riferimento ⁽²⁾	[t/anno]	76,2
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾	[kWh _{th} /anno]	234.911
Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾	[€/anno]	18.289
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽²⁾	[kWh _{el} /anno]	61.557
Spesa annuale energia elettrica ⁽²⁾	[€/anno]	13.071

Nota (2): Valori di Baseline

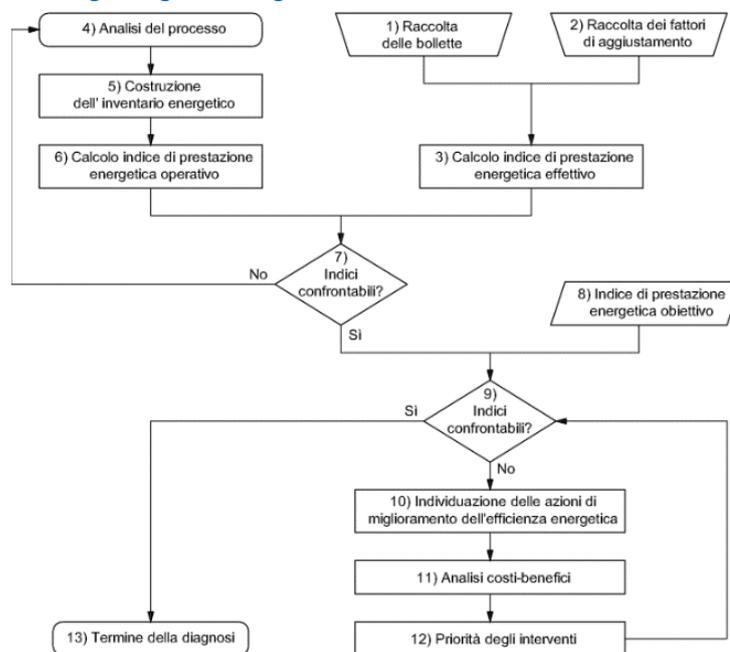
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- 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 22/11/2017 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, AssistaI, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 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 del Centro Funzionale di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

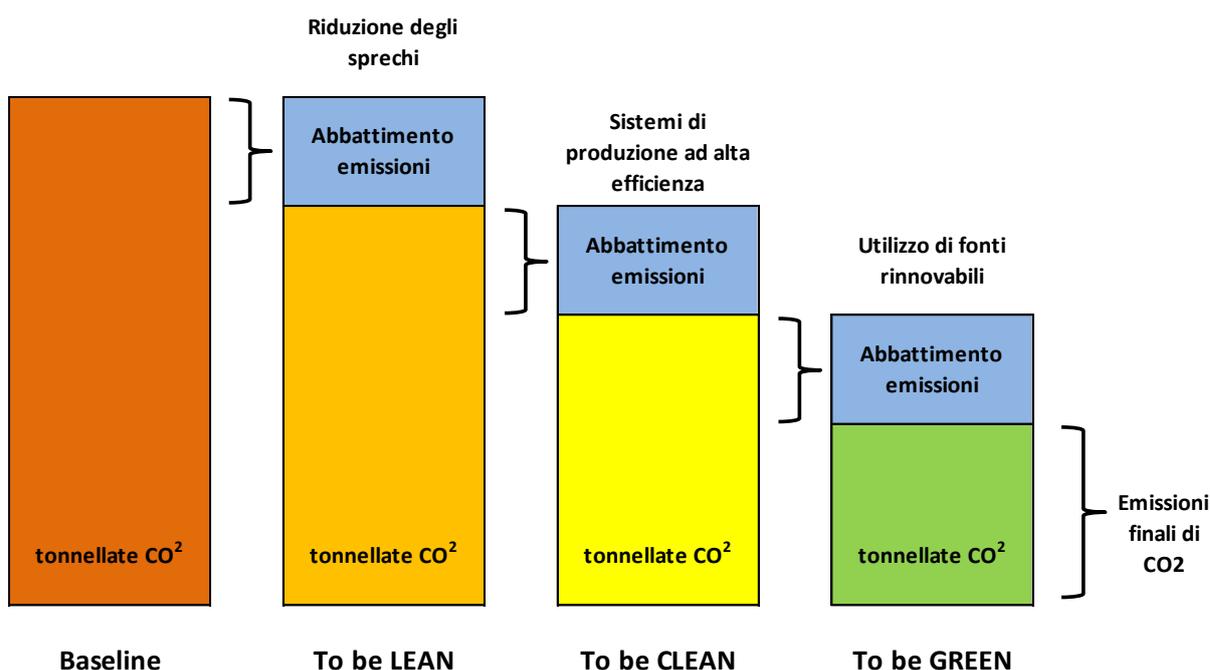
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno 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 a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

2 DATI DELL'EDIFICIO

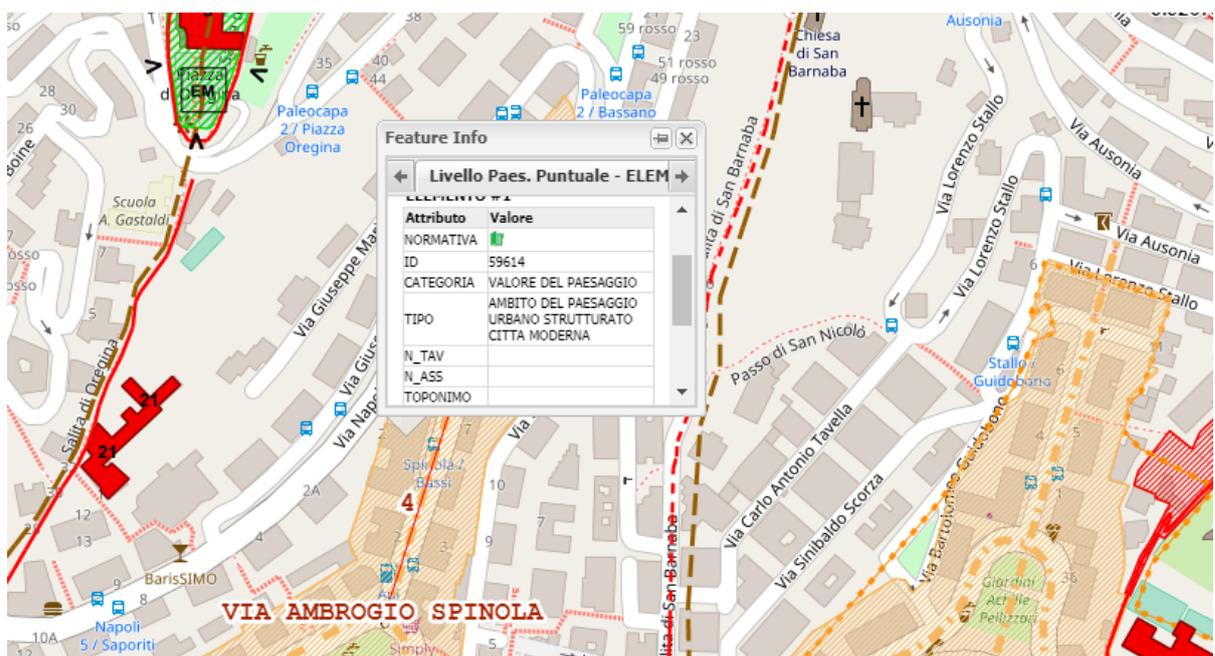
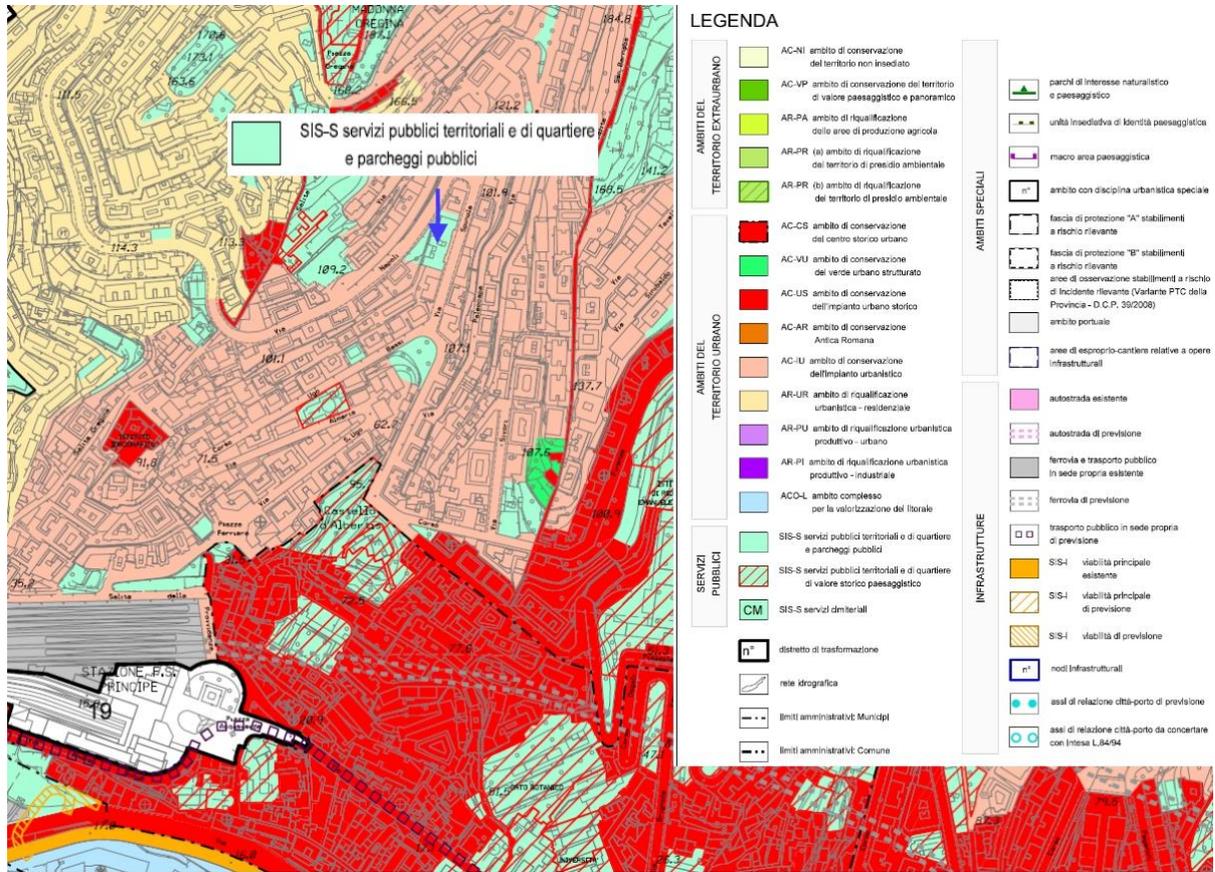
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in ambito *SIS-S Servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici*.

Al *Livello Paesaggistico Puntuale* del PUC, l'edificio è inserito *nell'Ambito del Paesaggio urbano strutturato della città moderna*, caratterizzato dai moderni processi di trasformazione urbanistica, testimone delle politiche evolutive, economiche e sociali di sviluppo della città, e risulta meritevole di tutela a testimonianza dell'evoluzione della società e della sua cultura.

Gli interventi sul patrimonio edilizio esistente devono perseguire il miglioramento delle caratteristiche architettoniche dell'edificio stesso e contribuire alla qualificazione ambientale dell'intorno e degli spazi liberi.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L’edificio scolastico denominato “Ambrogio Spinola” risale al periodo tra il 1894 ed il 1903 ed è stato completamente ristrutturato nel 1992 pur mantenendo la stessa destinazione d’uso. Pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d’uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche di ogni genere e grado.

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

L’edificio sorge lungo la Via Spinola, arteria della fine dell’800 che si diparte dalla Circonvallazione a Monte. Qui parte a metà 800 un piano di lottizzazione delle aree collinari alle spalle del centro storico, destinato all’insediamento della nuova classe imprenditoriale genovese. L’edificio in oggetto fa parte dei nuovi servizi pubblici che sorgono per il nascente quartiere collinare. E’ stato progettato da Carlo Bisagno del Civico Ufficio Comunale dei Lavori Pubblici nel 1891.

L’edificio è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra e un seminterrato, con struttura portante in muratura e pietrame intonacata, copertura a falde, finiture marcapiano aggettanti. L’edificio è occupato dalla scuola elementare sui 4 piani, le aule della scuola materna in una parte del piano primo con ingresso indipendente da via Napoli 2, e dagli uffici dei vigili urbani nella parte nord del piano terra.

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.

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

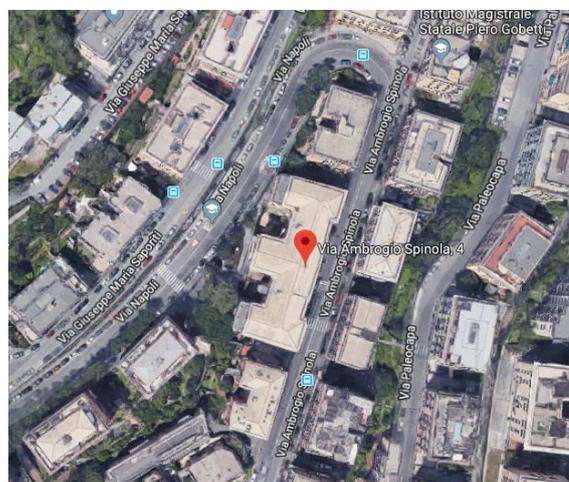


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽⁴⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽⁴⁾
Seminterrato	Ingresso scuola e fondi non utilizzati	[m ²]	958	183	0
Terra	Ingresso, aule, servizi igienici, cucina, refettorio, palestra, Uffici Vigili Urbani	[m ²]	1.162	870	0
Primo	Scuola materna, aule primaria, servizi	[m ²]	1.135	870	0
Secondo	Aule scuola primaria, servizi	[m ²]	1.135	894	0
Terzo	Aule scuola primaria, servizi	[m ²]	1.135	894	0
TOTALE		[m ²]	5.525	3.711	0

Nota (3): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

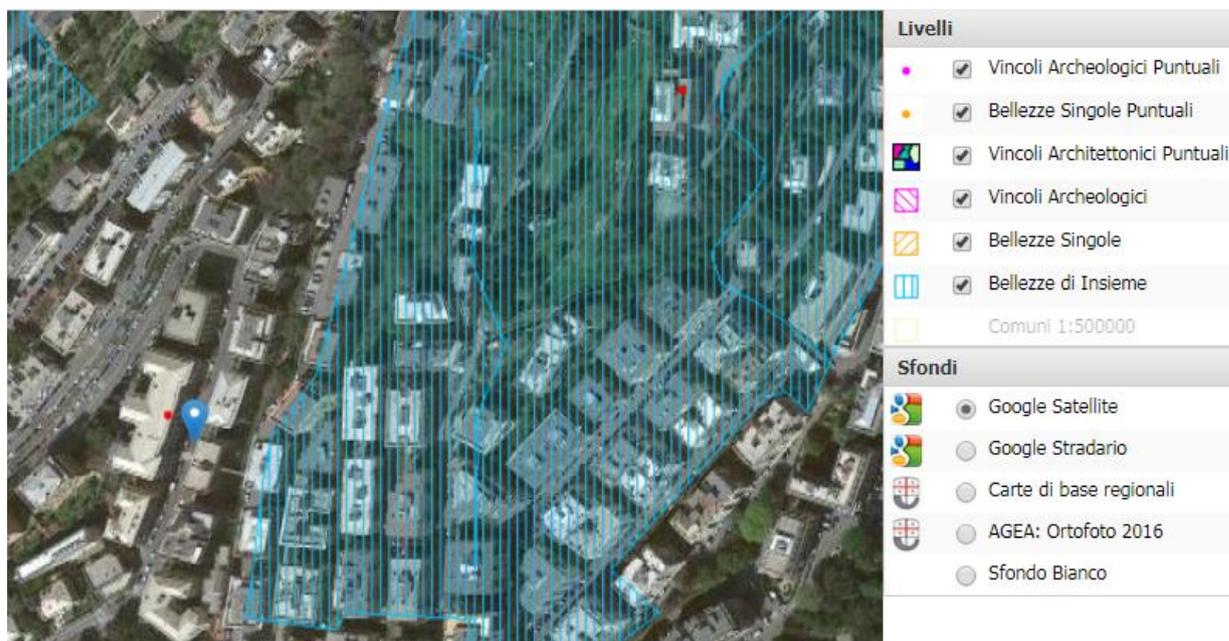
Nota (4): Superficie utile riscaldata calcolata sulle planimetrie, può differire rispetto al modello energetico per la presenza di alcune pareti di tamponamento non modellate.

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

L’edificio è situato all’interno del quartiere Oregina situato sulla collina soprastante la stazione di Genova Piazza Principe. Il quartiere, abitato sin dal XVI secolo, si è sviluppato in particolare a partire

dalla fine del XIX secolo, mentre la parte a ponente che confina col Lagaccio è di epoca successiva. Amministrativamente fa parte del Municipio I Centro Est.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sul portale dei Vincoli architettonici, archeologici e paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l’edificio, con Decreto Ministeriale n. 209800 del 11/10/2007, denominato “Edificio scolastico *Ambrogio Spinola*” presenta **interesse Storico Artistico** ai sensi dell’art. 10 c.1 del D.Lgs. 42/2004, in quanto l’immobile rappresenta un importante esempio di edificio scolastico dei primi del Novecento.

L’immobile non ricade invece in zona sottoposta a vincolo paesaggistico ai sensi del D. Lgs. 42/2004. L’edificio, infine, non ricade in zona soggetta a vincoli geomorfologici e idraulici.

L’immobile rimane pertanto sottoposto a tutte le disposizioni di tutela contenute nel Codice dei Beni Culturali e gli interventi edilizi sono ammissibili previa autorizzazione della Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici della Liguria.

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con le prescrizioni sugli interventi edilizi derivanti dal vincolo.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁵⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Coibentazione estradosso solaio sottotetto	Art. 10 D.Lgs. 42/04		Non effettuare interventi permanenti sul solaio
EEM 2: Installazione valvole termostatiche	Art. 10 D.Lgs. 42/04		-
EEM 3: Sostituzione generatori calore e circolatori	Art. 10 D.Lgs. 42/04		-
EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti	Art. 10 D.Lgs. 42/04		-
EEM 5: Cappotto esterno	Art. 10 D.Lgs. 42/04		-

Nota (5): Legenda livelli di interferenza:



Non perseguibile

Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate


 Interferenza nulla

Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

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.

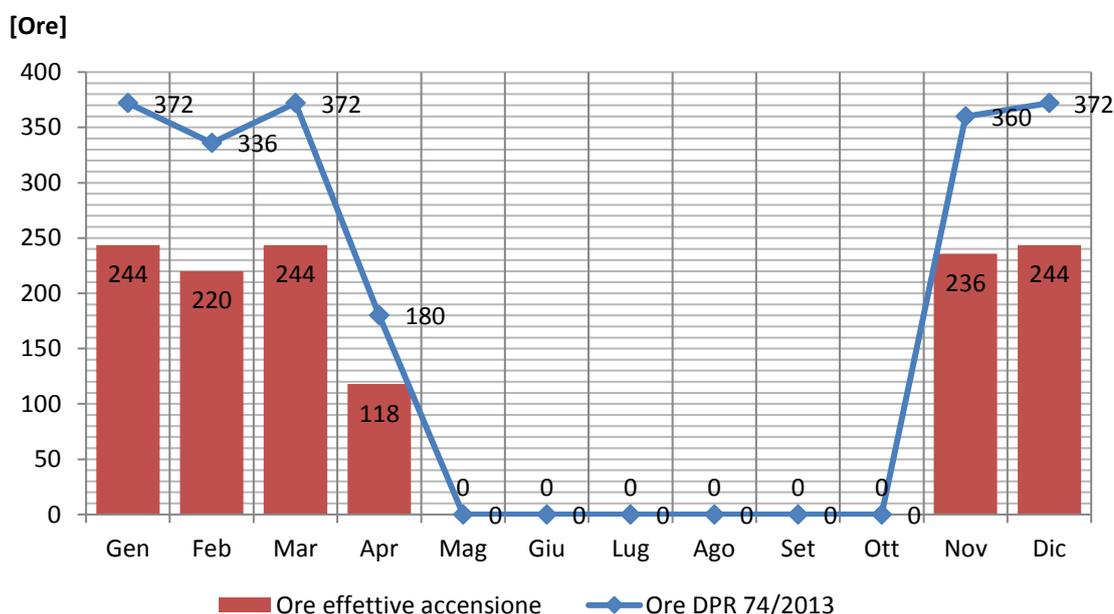
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati ipotizzati sulla base del contratto di gestione calore stipulato tra la società di servizi ed il Comune di Genova..

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO RISCALDAMENTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	08:00 – 17:00	06.00 – 17.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	dal lunedì al venerdì	08:00 – 17:00	spento

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di apertura della scuola. L'accensione dell'impianto anticipato rispetto all'inizio delle lezioni serve a portare in temperatura di 20°C gli ambienti interni nel momento di utilizzo da parte degli utenti. Pertanto gli orari sembrano in generale coerenti con l'effettivo soddisfacimento dei fabbisogni di confort interno dell'edificio. Lo spegnimento dell'impianto per l'intero fine settimana porta ad un raffreddamento eccessivo delle strutture disperdenti, così che il lunedì mattina i tempi di lavoro dell'impianto per portare a temperatura le zone termiche risultano verosimilmente più lunghi.

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 (SIE3), 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.

Un tipo di contratto di O&M differente è previsto per l'impianto di produzione di ACS per gli usi della cucina, e un ulteriore contratto (O&M<35 kW) per l'impianto di riscaldamento e produzione di ACS dei locali utilizzati dalla polizia municipale.

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 924 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	111	926	100%

Si precisa che nel profilo mensile di utilizzo della struttura per il mese di aprile si è considerato un valore di 15 giorni di utilizzo anziché il valore di riferimento pari a 11 giorni. Tale variazione produce una modifica al valore dei GG_{rif}, che come si evince dalla tabella sottostante ha un'incidenza irrisoria sui consumi di Baseline per il riscaldamento calcolati secondo la metodologia indicata al paragrafo 5.1.1.

Codice Edificio	Nome	Q baseline riscaldamento mese aprile 15 giorni	Q baseline riscaldamento mese aprile 11 giorni	Variazione assoluta [kWh]	Delta [%]
E1637	SCUOLA MATERNA STATALE ED ELEMENTARE "SPINOLA"	274.085	273.822	263	0,10%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

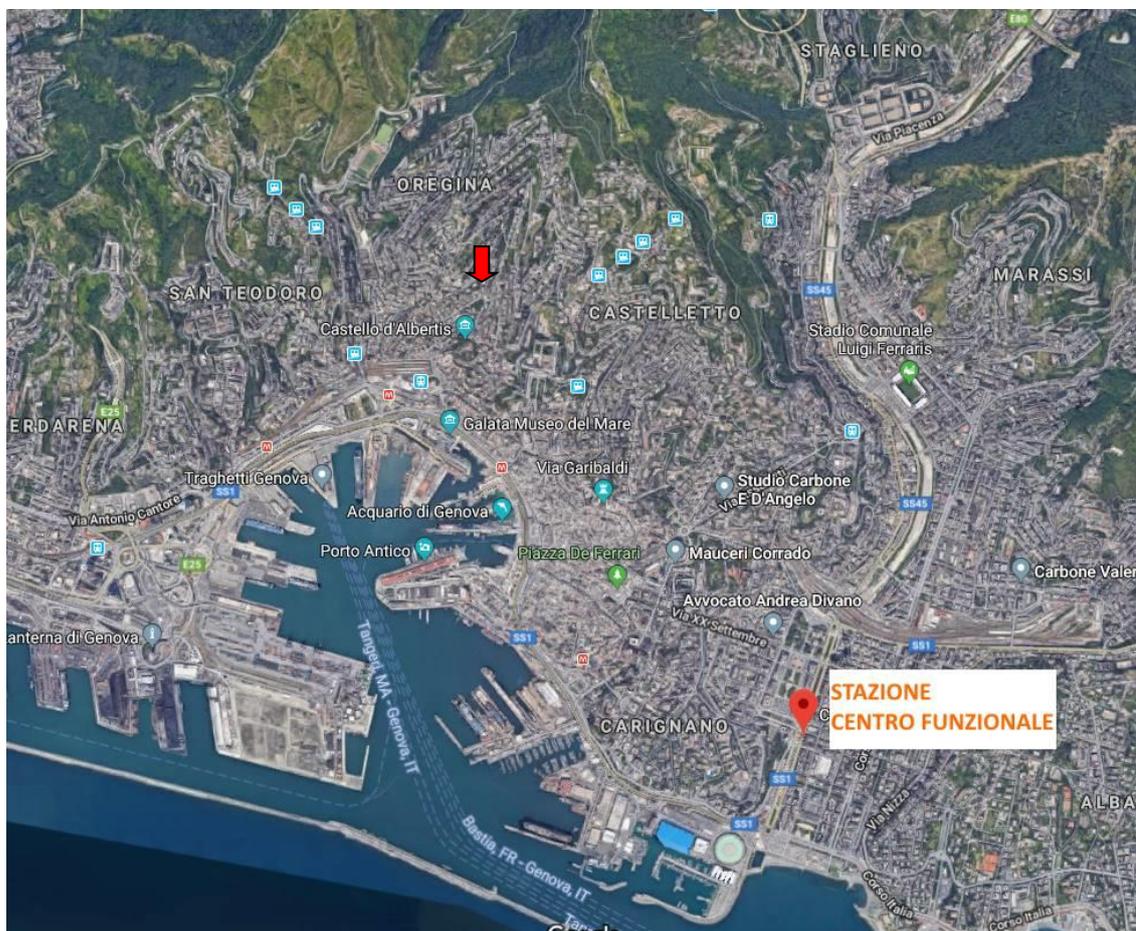
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

Da una ricerca sulle stazioni meteo presenti sul territorio comunale, reperite sul sito Ambiente della Regione Liguria, è risultato che le stazioni che riportano con maggiore completezza i dati medi di temperatura sono:

- *Castellaccio*, posta ad un'altitudine di 360 m s.l.m.
- *Centro Funzionale*, posta a 30 m s.l.m.

Nell'edificio oggetto di diagnosi, posto ad un'altitudine di 103 m s.l.m., sono stati utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili rispetto alla centralina di Castellaccio posta a circa 360 m sul livello del mare.

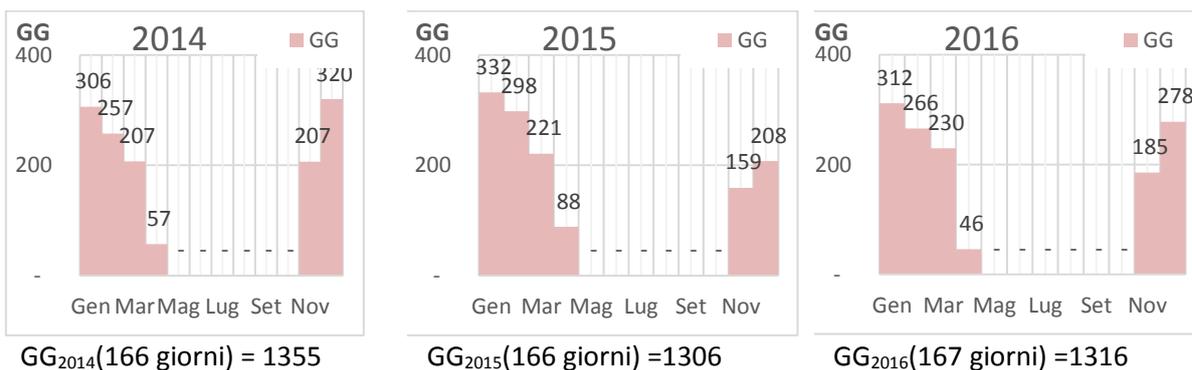
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

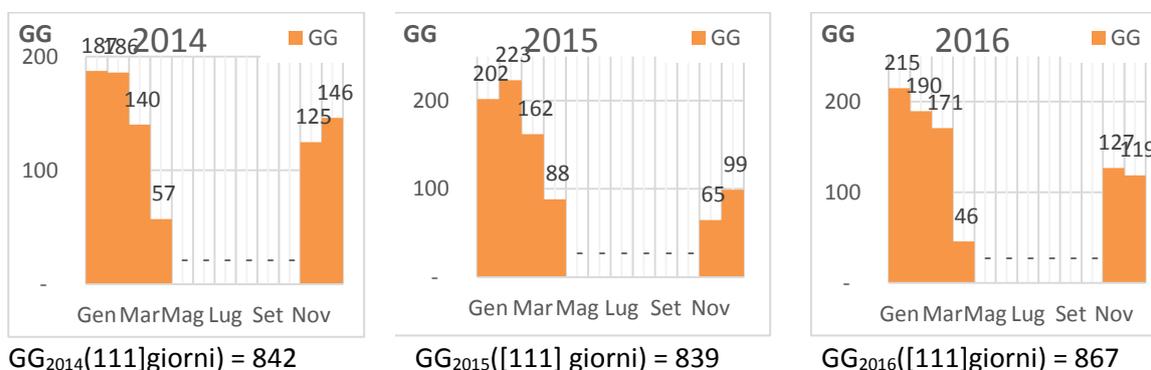


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG non è costante e subisce variazioni nel periodo considerato e si attesta molto al di sotto dei GG sia di norma che del funzionamento a 166 giorni.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un'unica struttura in muratura portante risalente alla fine del 1800. Le pareti dell'interrato sono costituite da un misto di sassi e mattoni pieni con spessori che raggiungono anche un metro, mentre in elevazione, con spessori in riduzione sui piani superiori i muri portanti sono in mattoni pieni intonacati sui due lati. L'edificio presenta una forma simmetrica, con due cortili sullo spazio retrostante rispetto a Via Spinola e tre parti aggettanti. E' costruito lungo la direttrice nord-sud, con esposizione delle facciate maggiori a est su via Spinola e a ovest in attinenza al terrapieno che parte da via Napoli. Qui un ampio terrazzo collega l'ingresso retrostante con via Napoli. Le pareti aggettanti del piano terra esposte a ovest risultano sempre in ombra in quanto separate dal muro di contenimento da una stretta intercapedine.

Figura 4.1 - Particolare della facciata lato interno



I solai sono realizzati con struttura a volta in mattoni, spesso coperti all'intradosso da controsoffitti in canniccato o in cartongesso più recente come è possibile vedere al piano seminterrato.

La copertura dell'edificio è a falde con piano sottotetto non praticabile.

Il lato nord del P-1 è completamente interrato fino ad uscire completamente fuori terra a sud, in corrispondenza dell'ex casa del custode.

Figura 4.2 - Particolare della muratura visibile al piano interrato



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:

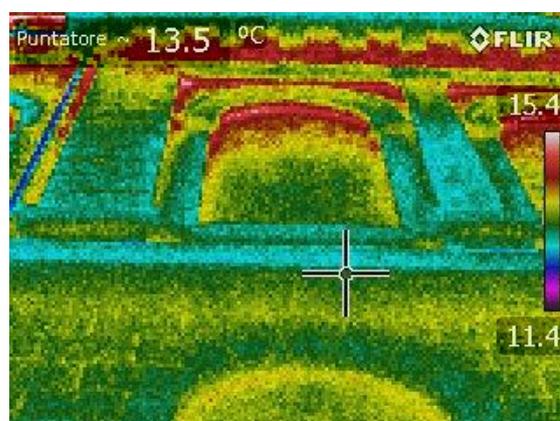
- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40
- Indagine visiva nelle strutture interrate

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- La struttura opaca in generale risulta abbastanza omogenea con pochi ponti termici importanti, tuttavia si nota una temperatura superficiale maggiore in corrispondenza del cambio di spessore della parete, tra le lesene e i marcapiani.

- Si evidenziano zone circoscritte con temperature superficiali più elevate, dovute alla presenza delle nicchie delle aperture, di spessore ridotto rispetto al resto della parete e che spesso ospitano i radiatori.
- Non si notano ponti termici di basamento dall'esterno. Vi è presenza di umidità e muffe nei locali dell'interrato che potrebbero derivare da fenomeni di risalita capillare, da infiltrazioni in corrispondenza dei passaggi delle tubazioni o nel nodo con il terreno dove non vi è presenza di intercapedine.

Figura 4.3 – Rilievo termografico delle pareti esterne



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio sottotetto	S1	54	Assente	1,48	Sufficiente
Parete esterna P-1, P0	M1	80	Assente	0,86	Sufficiente
Pavimento verso interr.	P1	21	Assente	1,50	Sufficiente

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.

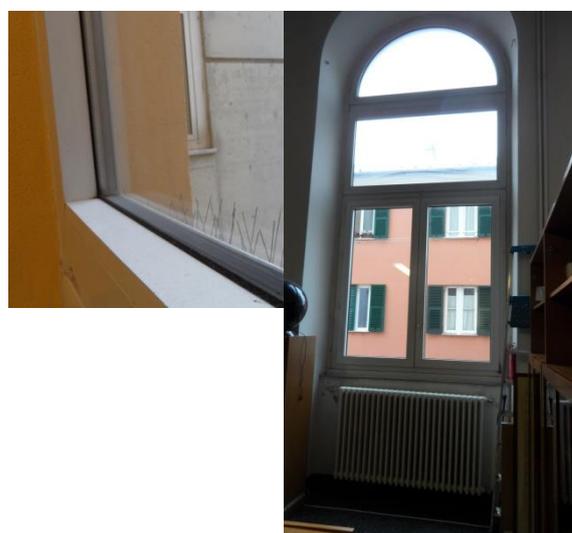
4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in metallo e vetrocamera.

Lo stato di conservazione degli stessi è buono essendo state installate intorno al 2007 secondo quanto comunicato dal personale in sede di sopralluogo. La trasmittanza del telaio è comunque elevata, creando un importante ponte termico tra parete opaca e serramento.

Non sono presenti oscuramenti esterni, e solo in alcune aule sono montate tende bianche interne. I serramenti dei primi due piani dell'edificio sono dotate di sopra luce ad arco a tutto sesto, mentre gli ultimi due piani hanno serramenti rettangolari. Entrambe le tipologie sono alloggiati in nicchie a tutta altezza con profondità fino a 35 cm.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



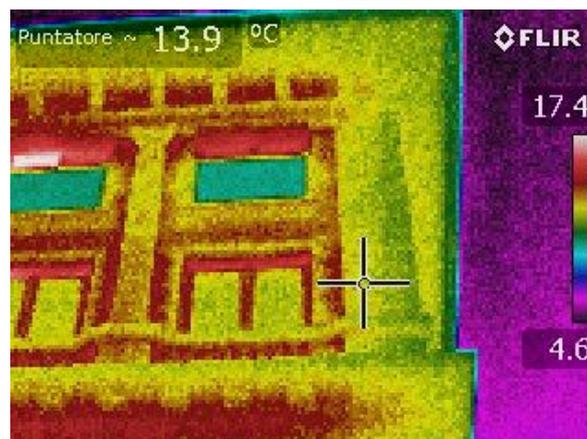
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico delle pareti esterne eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40
- Rilevamento dello spessore delle vetrocamere di porte e finestre tramite spessivetro
- Rilievo geometrico dei serramenti
- Valutazione visiva dei componenti

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- I serramenti sono in sufficiente stato di conservazione
- Dalla termografia si può notare un gradiente di temperatura tra la parete sottofinestra ed il resto del muro perimetrale.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti sul lato est



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all’Allegato C – Report di indagine termografica e all’Allegato D – Altre prove diagnostiche e strumentali.

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 [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1 (W1)	190x260 (hmedia)	Metallo	Vetro doppio normale	2,8	Buono
Porta ingresso vetrata	PF1 (W2)	140x280	Metallo	Vetro singolo sp. 8 mm	3,9	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è servito da una centrale termica principale a servizio del plesso scolastico ed una seconda centrale termica per i locali del piano terra occupati dalla polizia municipale. La scuola è alimentata da una caldaia a condensazione installata nell'aprile 2015 in ambiente esterno e alimentata a gas metano e l'impianto è gestito con contratto SIE3.

Gli uffici sono alimentati da due caldaie molto datate, di cui una probabilmente non funzionante, di cui non si hanno precise informazioni tecniche. In questo caso il contratto di manutenzione è del tipo O&M<35W.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in metallo

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori risultavano tutti funzionanti e privi di valvola termostatica.

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori in un'aula al PT



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
Tutte	Radiatori in metallo	91%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Interrato	A parete o in nicchia	3	3	9	-	-
Terra	A parete o in nicchia	30	3	91	-	-
Primo	A parete o in nicchia	29	2,8	83	-	-
Secondo	A parete o in nicchia	25	2,1	54	-	-
Terzo	A parete o in nicchia	25	2,1	54	-	-
TOTALE		112	2,6	291	-	-

In fase di sopralluogo si sono verificati i radiatori presenti ma non è stato possibile desumere la potenza di ciascun radiatore non conoscendo le loro specifiche tecniche. Pertanto tale dato è stato ricostruito via software e confrontato con i valori da check list forniti (indicati in tabella). La valutazione tramite software è stata fatta considerando un Δt lato acqua di 10°C e Δt lato aria 50°C.

Il confronto dei due valori ha confermato quanto previsto nelle check-list, infatti il valore simulato risulta leggermente inferiore di circa 16 % rispetto a quello da check list.

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 dell'impianto della scuola avviene con impostazione della curva climatica per mezzo di una sonda di temperatura posta sul generatore e collegato alla telegestione e controllo da remoto. A monte dei circuiti di distribuzione è installata una valvola di regolazione a tre vie. E' presente un cronotermostato con l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point di mandata dell'acqua alle diverse temperature esterne.

Non risultano invece sistemi di regolazione sulla centrale termica dei vigili urbani. Si ipotizza un sistema on/off e un orologio con gli orari di accensione durante l'apertura degli uffici.

Non sono presenti termostati di zona all'interno delle zone riscaldate e i radiatori sono sprovvisti di valvole termostatiche.

Figura 4.7 – Valvola a tre vie sul circuito principale



Figura 4.8 – Centralina di comando e telegestione della scuola



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento dell'impianto di riscaldamento.

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la scuola

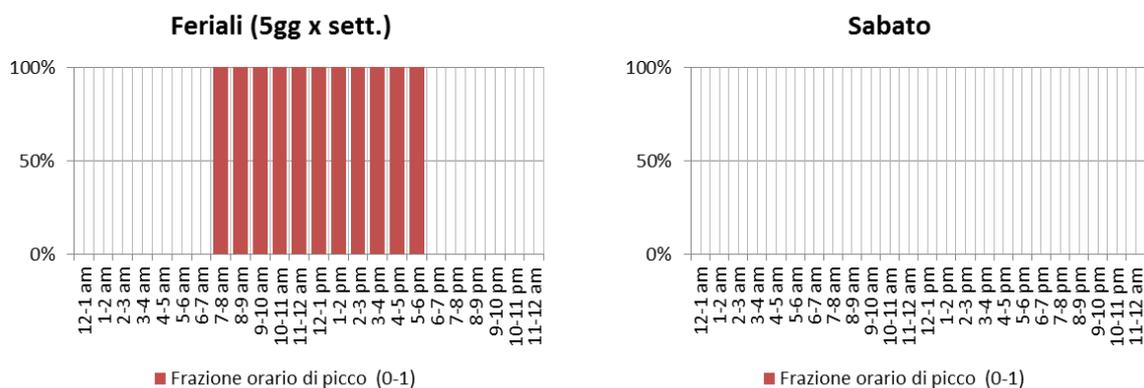
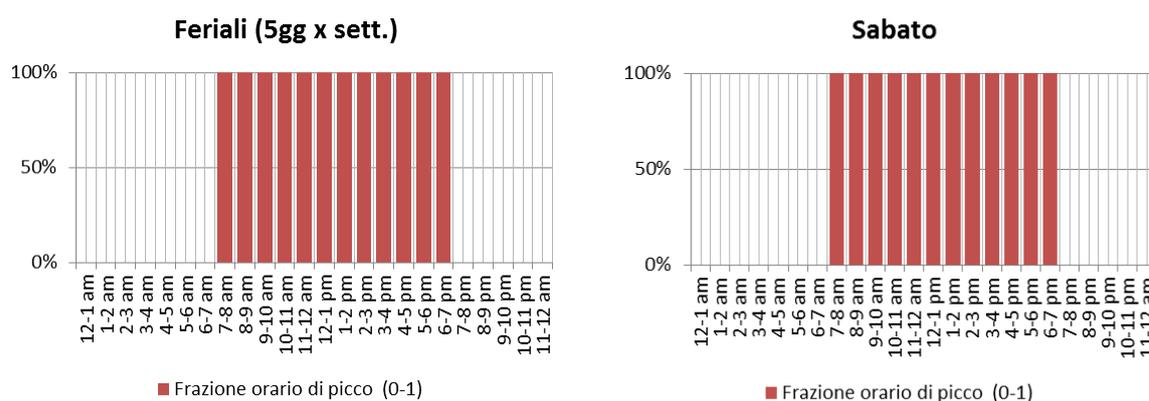


Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per gli uffici VV.UU.



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
ZT1 - Scuola	Climatica	74%
ZT2 – Uffici polizia municipale	ON/OFF	69%

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

Entrambe le zone termiche sono dotate di circuiti diretti ai sistemi di emissione con vaso di espansione chiuso. Le pompe che alimentano i vari circuiti lavorano in parallelo e non sono dotate di inverter.

- Nella scuola il sottosistema di distribuzione parte da una sottocentrale posta al piano interrato dell'edificio ed è costituita dai seguenti elementi:
 - Cinque circuiti diretti di collegamento tra la caldaia e i terminali di emissione attraverso un unico collettore di mandata e uno di ritorno. In sede di sopralluogo non è stato possibile definire le zone servite dai diversi circuiti. A monte del collettore di mandata è presente un'unica elettropompa gemellare di circolazione. La distribuzione alle utenze si ipotizza sia di tipo verticale a colonne montanti.
- Gli uffici della polizia municipale risultano collegati all'impianto di generazione attraverso due circuiti diretti alle utenze per mezzo di due circolatori. La rete di distribuzione risulta non isolata e molto vetusta.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti delle due zone termiche sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti di distribuzione

ZONA TERMICA	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁵⁾ [mca]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁵⁾ [kW]
Zt1- scuola	Circuito primario	EG01 mandata acqua calda ai radiatori	75	10	1,7
Zt1- scuola	Circuito primario	ES01 pompa anticondensa	18	7	0,390

ZT2 - VVUU	Circuito primario	ES01	mandata acqua calda ai radiatori	-	-	-
ZT2 - VVUU	Circuito primario	ES03	mandata acqua calda ai radiatori	-	-	-
TOTALE				93		2,09

Nota (6): Valori ricavati da scheda tecnica. Non è stato possibile risalire a quelle della ZT2

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito primario scuola	Mandata	Caldo	48	70
	Ritorno	Caldo	38	50

Nota (7): Valori rilevati il giorno 22/11/2017 alle ore 16.00, con una temperatura esterna di circa 17°C

Come si evince dalla tabella soprastante la differenza fra temperature rilevate e temperature di calcolo (fanno riferimento alle condizioni convenzionali di progetto), dipende dalla presenza della regolazione di caldaia mediante curva climatica e sonda esterna di temperatura. Le condizioni di progetto sono riferite ad una temperatura esterna di 0°C.

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto della scuola (Fonte: Tavola 148-P00-020-CENTRALE TERMICA.dwg)

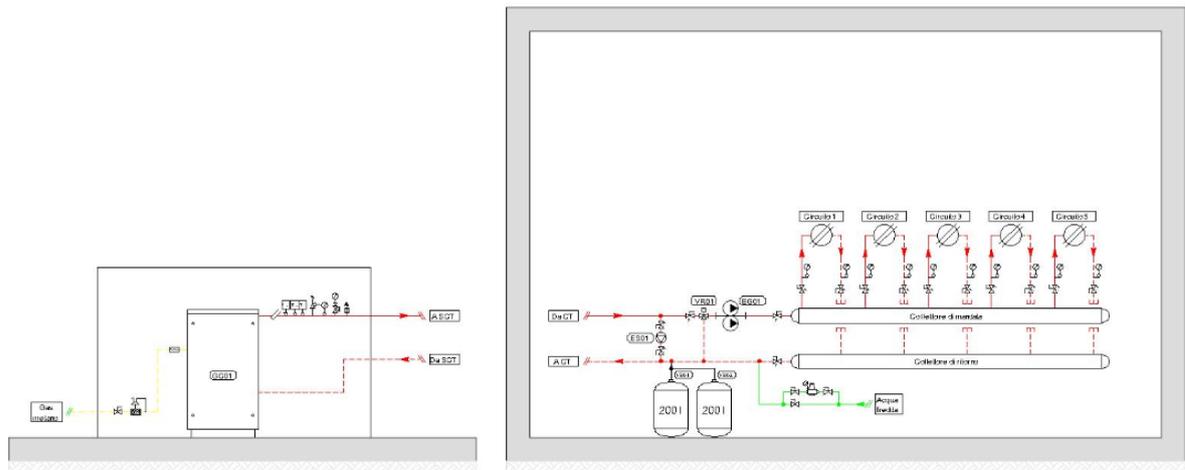
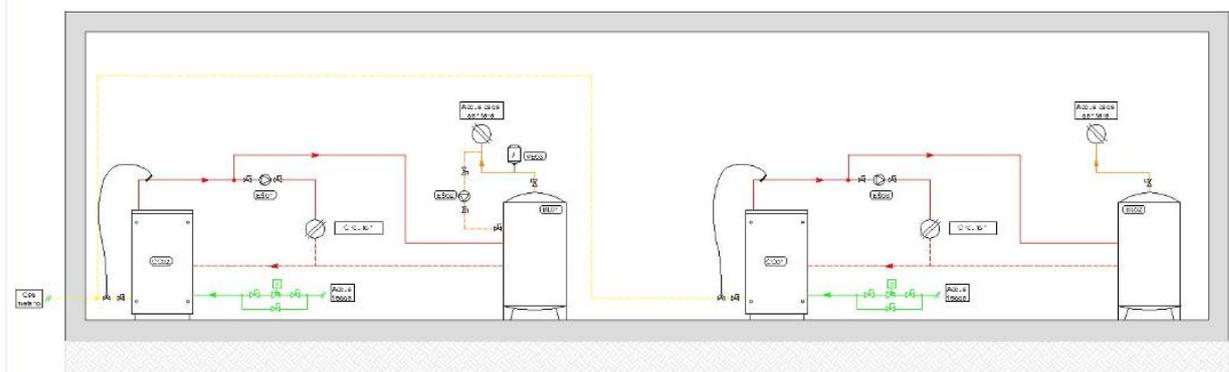


Figura 4.12 - Particolare dello schema di impianto dei Vigili Urbani (Fonte: Tavola 148-P00-020-CENTRALE TERMICA.dwg)



Come da modello termico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le UNI TS 11300, il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione per la scuola è stato assunto nella DE pari al 94%; il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione per gli uffici dei Vigili è stato assunto nella DE pari al 90%.

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 principale che alimenta il plesso scolastico, è costituito attualmente da una caldaia a basamento a condensazione alimentata a gas metano, installata nell'aprile 2015 nel cortile esterno retrostante l'edificio.

Il sottosistema di generazione della zona termica destina agli uffici della polizia municipale è costituita da due caldaie tradizionali a basamento <35 kW, installate in centrale termica, risalenti probabilmente agli anni '90.

Figura 4.13 - Posizione della caldaia ZT1



Figura 4.14 - Particolare della caldaia ZT2



Le caratteristiche del sistema di generazione sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

ZONA TERMICA	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
1-Scuola	Riscaldamento	ICI Caldaie	WALL 450 M	2015	418,6	411,5	98,3%	0,60
2-VVUU	Riscaldamento	SIME		nd	nd	nd	nd	nd
2-VVUU	Riscaldamento	THERMITAL	WINDR	nd	nd	nd	nd	nd

Nota (8) Valori ricavati da scheda tecnica

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione per la zona termica 1, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 94,3%.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione per la zona termica 2, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 81,3%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è dovuto agli usi della cucina interna della scuola e dei bagni.

La produzione è eseguita tramite una caldaia murale alimentata a gas metano per l'ACS della cucina collocata al piano terra nel locale cucina; tre boiler elettrici per i bagni della scuola collocati in un bagno per piano; un bollitore collegato al generatore della zona termica 2 per i bagni e le docce collocato in centrale termica 2.

Figura 4.15 - Particolare caldaia ACS cucina



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

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

ZONA TERMICA	SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
ZT1 - Scuola	100%	92,6%	-	-	84,4%	73,9%
ZT2 - VVUU	100%	92,6%	-	23,8%	29,2%	5,2%

Nota (8) Valori ricavati da modello energetico

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 apparecchiature della cucina, montascale e ascensore (valutati nel modello energetico in quanto trasporto di cose), distributori di bevande ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Rack server	1	200	200	8736
LIM	2	340	680	330
Fotocopiatrice-stampante	2	200	400	330
Distributori bevande	2	500	1000	3696
Cappa	1	500	500	220
Frigoriferi	2	500	1000	8736
Lavastoviglie	1	3000	3000	220
pc	15	150	2250	550

Ascensore	1	3000	3000	220
Montascale	1	1500	1500	220

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Censimento di tutte le apparecchiature elettriche presenti nell'edificio eseguito secondo le seguenti modalità:
 - Rilievo dei dati di targa dove presenti
 - Rilievo delle tipologie di apparecchi e ricerca delle potenze commerciali di apparecchi con caratteristiche simili
 - Intervista al personale sugli effettivi tempi di utilizzo di ciascun apparecchio

Figura 4.16 – Alcune apparecchiature elettriche della scuola



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 fluorescenti tipo neon con essenzialmente due tipi diversi di plafoniere. Le potenze installate sono diverse in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, nelle aule e nei bagni;
- Lampade di emergenza installate in tutto l'edificio.

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

Zona termica	Localizzazione	TIPOLOGIA		NUM PLAFONIERE	POTENZA SINGOLA W	POTENZA TOTALE - W
1 - Scuola	P-1 riscaldato	2x58	Fluorescente	3	58	348

	P-1 NR	2x58	Fluorescente	11	58	1276
	P0	2X36	Fluorescente	34	36	2448
	P0	1X36	Fluorescente	6	36	216
	P0	1X18	Fluorescente	4	18	72
	P0	1X58	Fluorescente	4	58	232
	P1	1x36	Fluorescente	37	36	1332
	P1	2x36	Fluorescente	51	36	3672
	P1	1x18	Fluorescente	6	18	108
	P2	1X18	Fluorescente	12	18	216
	P2	1X36	Fluorescente	9	36	324
	P2	2X36	Fluorescente	67	36	4824
	P3	1X18	Fluorescente	12	18	216
	P3	1X36	Fluorescente	8	36	288
	P3	2X36	Fluorescente	22	36	1584
	P3	4X8	LED	39	8	1248
	P3	33	PANELED	19	33	627
2 - VVUU	P0	1X36	Fluorescente	27	36	972
	P0	1X18	Fluorescente	2	18	36
	P0	2X36	Fluorescente	4	36	288

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.

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, la produzione di ACS e gli usi cottura è il Gas Metano.

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

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

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

Nota (9) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 3 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti del plesso scolastico;
- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti e la produzione di ACS degli uffici della polizia municipale;
- Caldaia murale per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica;
- Usi cottura.

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		Lt gasolio Sm ³ metano	Lt gasolio Sm ³ metano	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270050359824	Riscaldamento scuola (SIE3)	17.890	14.349/7.513*	16.268	180.500	215.558	153.245
3270011882383	Prod. ACS e usi cottura scuola	2.460	2.348	3.322	23.173	22.118	31.291

3270011882585 Risc + ACS VVUU 5.317 7.005 6.107 50.086 65.983 57.531

*Nel 2015 è stata sostituita la caldaia a gasolio con una caldaia a metano (SIE3). In assenza del dato di consumo gasolio (gen-apr 2015) è stato ipotizzato in proporzione al 2014 e ai GG reali del 2015.

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.

Relativamente al PDR 1 con contratto SIE3, in assenza di fatturazioni, si è provveduto a ridistribuire i consumi mensilmente in funzione dell'effettivo funzionamento stagionale dell'impianto e dei Gradi Giorno reali.

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

*CT a gasolio fino ad apr 2015

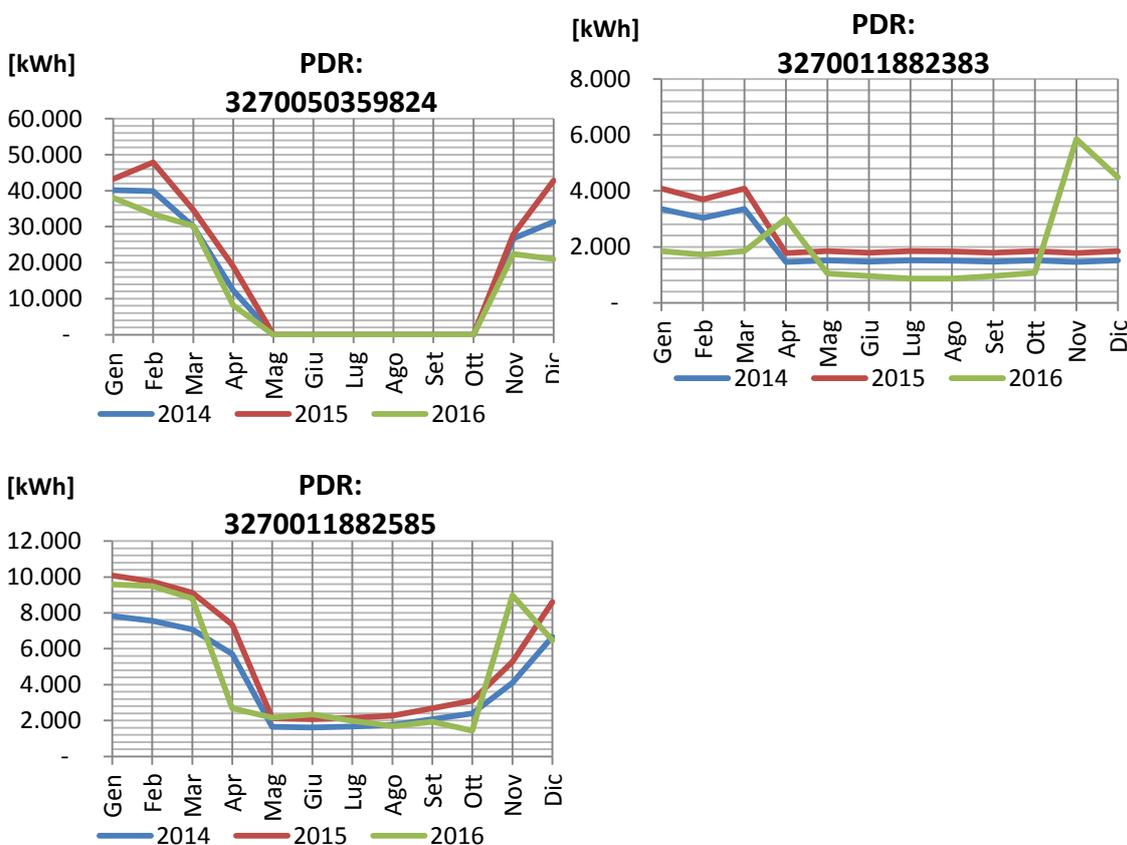
PDR 1: 3270050359824	2014*	2015*	2016	2014	2015	2016
Mese	[lt]	[lt/Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	3.983	4.291	4.035	40.185	43.294	38.013
Feb	3.953	4.743	3.556	39.885	47.862	33.498
Mar	2.981	3.439	3.206	30.074	34.695	30.202
Apr	1.218	1.877	861	12.287	18.934	8.112
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	2.650	2.968	2.379	26.740	27.955	22.408
Dic	3.106	4.545	2.231	31.339	42.818	21.012
Totale	17.890	21.862	16.268	180.510	215.558	153.245
PDR 2: 3270011882383	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	356	434	196	3.355	4.087	1.846
Feb	322	392	183	3.031	3.692	1.724
Mar	356	434	196	3.355	4.087	1.846
Apr	155	189	320	1.462	1.780	3.014
Mag	161	196	111	1.516	1.846	1.046
Giu	156	190	101	1.469	1.790	951
Lug	161	196	92	1.516	1.846	867
Ago	160	195	92	1.508	1.837	867
Set	156	190	101	1.469	1.790	951
Ott	161	196	114	1.516	1.846	1.074
Nov	155	189	621	1.462	1.780	5.850
Dic	161	196	476	1.516	1.846	4.484
Totale	2.460	2.997	2.603	23.173	28.229	24.520

PDR 3: 3270011882585	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	830	1.070	1.017	7.818	10.078	9.580
Feb	803	1.035	1.008	7.561	9.747	9.495
Mar	751	968	934	7.077	9.123	8.798
Apr	605	780	284	5.700	7.348	2.675
Mag	175	226	229	1.652	2.129	2.157
Giu	171	220	249	1.608	2.072	2.346
Lug	176	227	210	1.659	2.138	1.978
Ago	187	241	178	1.761	2.270	1.677
Set	220	284	206	2.075	2.675	1.941
Ott	255	329	153	2.404	3.099	1.441
Nov	435	561	953	4.100	5.285	8.977
Dic	708	913	686	6.672	8.600	6.462
Totale	5.317	6.854	6.107	50.086	64.565	57.528

Xxx in assenza di fatturazioni i valori sono stati riproporzionati sui consumi 2015, a partire dal totale annuo ricavato dal file Kyoto

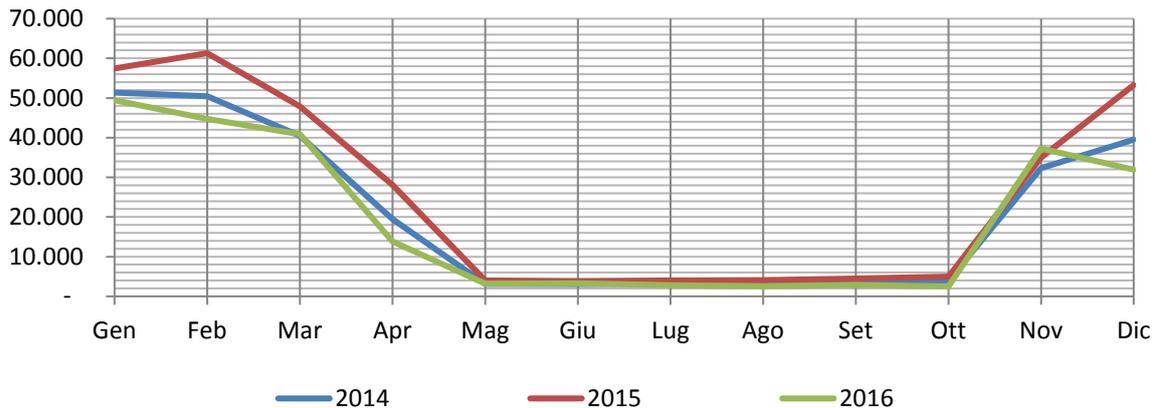
L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nei grafici in Figura 5.1.

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



[kWh]

TOTALE



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo mensile pari a 267 kWh registrato nell'ottobre 2016, e un valore di massimo prelievo mensile pari a 6.170 kWh registrato nel febbraio 2015. I consumi annui seguono un andamento regolare nel triennio, con maggiori consumi registrati nel 2015 durante il periodo di riscaldamento. Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{reali} del triennio di riferimento si può notare che il 2015 ha visto una diminuzione dei consumi di gas nonostante l'aumento dei GG reali. Se però vediamo l'andamento mensile dei GGreali notiamo una diminuzione degli stessi nei primi mesi dell'anno per il 2015 rispetto alle altre due annualità.

Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all'andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell'anno a cui si riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

Per effettuare tale processo di normalizzazione si sono utilizzati i GG reali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3, definendo il fattore di normalizzazione \bar{a}_{rif} come di seguito riportato:

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

Dove:

$GG_{real,i}$ = Gradi giorno valutati considerando le temperature esterne reali, nell'anno *i-esimo*, così come definiti al Capitolo 3.2;

n = numero di annualità di cui si hanno a disposizione i consumi.

$Q_{real,i}$ = Consumo termico reale per riscaldamento dell'edificio nell'anno *i-esimo*, kWh/anno.

Tale consumo corrisponde al totale della fornitura di gas del PDR 1 in quanto esso alimenta la sola centrale termica per il servizio di riscaldamento della scuola e una quota parte del PDR 3 per il riscaldamento degli uffici, quest'ultima valutata in proporzione ai fabbisogni termici per riscaldamento emersi dal modello energetico.

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

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

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

\overline{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi dei PDR2 e PDR3 nel triennio di riferimento, per la quota parte inerente i soli consumi per la produzione di ACS la cui stima è stata ricavata dal modello energetico e riproporzionata sui consumi reali;

\overline{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, in kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato nel calcolo della baseline in quanto i suddetti utilizzi (usi cottura) non concorrono nella valutazione energetica dell'edificio.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU [111] GIORNI	GG _{RIF} SU [111] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	842	926	-	-	-	-	18.375	-
2015	839	926	-	-	-	-	20.794	-
2016	867	926	21.281	200.529	231,3	214.187	23.003	-
Media	849	926	21.281	200.529	231,3	214.187	20.724	-

Come si può notare dai dati riportati, per il calcolo della baseline è stato considerato il solo anno 2016, in quanto gli anni precedenti sono riferiti ai consumi di gasolio con un altro impianto termico, almeno per la scuola che rappresenta il consumo prevalente di energia termica.

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]
\overline{Q}_{ACS}	20.724
\overline{Q}_{ALTRO}	-
$\overline{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	214.187
$Q_{baseline}$	234.911

5.1.2 Energia elettrica

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

- Linea luci e linea prese;
- Apparecchiature cucina;
- Ascensori;
- Ausiliari centrali termiche e boiler elettrici;
- Attrezzature varie.

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]
IT001E00122675	Scuola	50.871	49.842	47559	49.424
IT001E00098002	VV UU	12.153	12.491	11.756	12.133
TOTALE		63.024	62.333	59.315	EEbaseline [61.557]

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E1637 e sono emerse le seguenti differenze:

- Scostamento dei due POD sulla media dei 3 anni rispetto a Kyoto: -3%

Poiché lo scostamento non è sostanziale, si è proceduto ad utilizzare i valori derivanti dall'analisi delle singole fatture.

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 61.557 kWh/anno.

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

POD: IT001E00122675	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Anno 2014				
Gen - 14	4.099	544	642	5.285
Feb - 14	3.826	508	600	4.934
Mar - 14	4.236	563	664	5.463
Apr - 14	4.099	544	642	5.285
Mag - 14	4.236	563	664	5.463
Giu - 14	1.279	284	406	1.969
Lug - 14	998	264	393	1.655
Ago - 14	998	264	393	1.655
Set - 14	2.809	376	435	3.620
Ott - 14	3.878	478	522	4.878
Nov - 14	3.936	542	767	5.245
Dic - 14	4.067	560	792	5.419
Totale	38.461	5.490	6.920	50.871
POD: IT001E00122675	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Anno 2015				
Gen - 15	4.067	560	792	5.419
Feb - 15	3.826	508	600	4.934
Mar - 15	4.236	563	664	5.463
Apr - 15	4.432	697	830	5.959
Mag - 15	1.544	328	471	2.343

Giu - 15	1.495	318	456	2.269
Lug - 15	1.544	328	471	2.343
Ago - 15	1.544	328	471	2.343
Set - 15	2.317	385	477	3.179
Ott - 15	4.384	618	549	5.551
Nov - 15	4.292	480	582	5.354
Dic - 15	3.394	505	786	4.685
Totale	37.075	5.618	7.149	49.842

POD: IT001E00122675	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3.861	549	767	5.177
Feb - 16	3.770	501	537	4.808
Mar - 16	4.031	535	575	5.141
Apr - 16	3.469	579	672	4.720
Mag - 16	3.704	470	570	4.744
Giu - 16	1.720	394	566	2.680
Lug - 16	446	200	344	990
Ago - 16	244	116	189	549
Set - 16	2.400	491	492	3.383
Ott - 16	3.642	556	597	4.795
Nov - 16	4.309	666	637	5.612
Dic - 16	3.390	668	902	4.960
Totale	34.986	5.725	6.848	47.559

POD: IT001E00098002	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	481	311	444	1.236
Feb - 14	418	290	420	1.128
Mar - 14	406	307	462	1.175
Apr - 14	364	208	361	933
Mag - 14	288	217	336	841
Giu - 14	292	175	308	775
Lug - 14	315	199	300	814
Ago - 14	347	246	410	1.003
Set - 14	294	219	303	816
Ott - 14	453	290	345	1.088
Nov - 14	467	267	431	1.165
Dic - 14	432	286	461	1.179
Totale	4.557	3.015	4.581	12.153

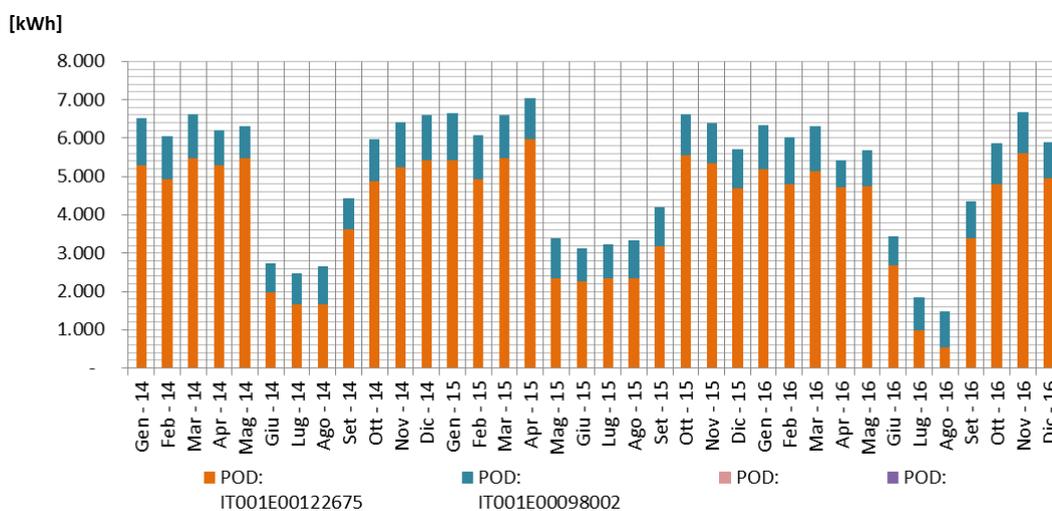
POD: IT001E00098002	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	434	307	480	1.221
Feb - 15	457	280	401	1.138
Mar - 15	410	303	414	1.127

E1637 – Scuola primaria e dell'infanzia "Spinola"

Apr - 15	435	236	403	1.074
Mag - 15	358	259	429	1.046
Giu - 15	303	209	337	849
Lug - 15	334	214	338	886
Ago - 15	381	230	388	999
Set - 15	406	253	368	1.027
Ott - 15	420	262	381	1.063
Nov - 15	406	253	368	1.027
Dic - 15	429	209	396	1.034
Totale	4.773	3.015	4.703	12.491
POD: IT001E00098002	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	416	278	465	1.159
Feb - 16	491	289	425	1.205
Mar - 16	431	301	428	1.160
Apr - 16	292	162	254	708
Mag - 16	425	211	302	938
Giu - 16	319	175	274	768
Lug - 16	303	217	333	853
Ago - 16	360	219	351	930
Set - 16	389	242	343	974
Ott - 16	418	282	370	1.070
Nov - 16	418	270	382	1.070
Dic - 16	385	232	304	921
Totale	4.647	2.878	4.231	11.756

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

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



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

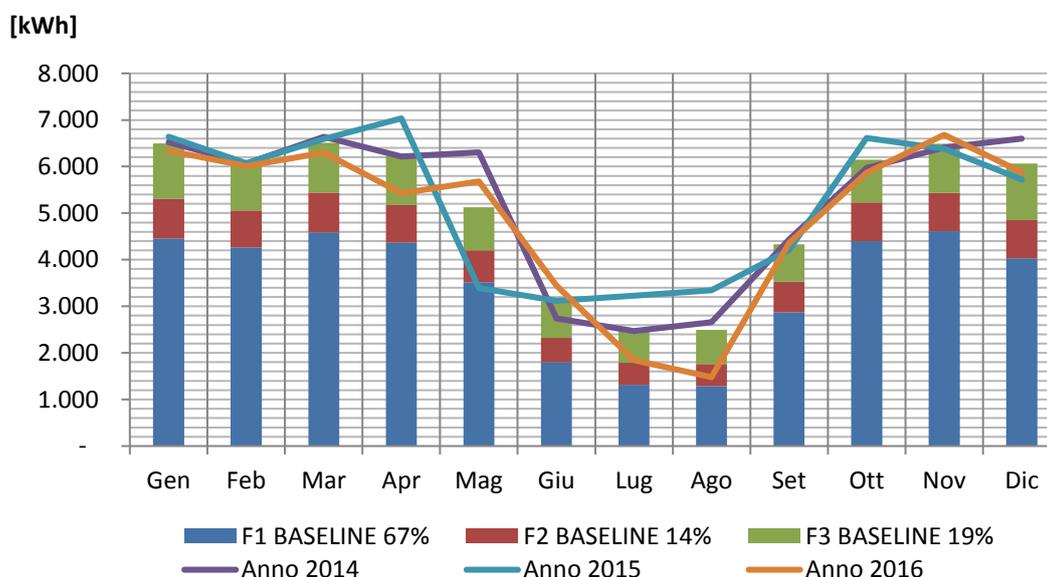
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	4.453	850	1.197	6.499
Feb	4.263	792	994	6.049
Mar	4.583	857	1.069	6.510
Apr	4.364	809	1.054	6.226
Mag	3.518	683	924	5.125
Giu	1.803	518	782	3.103
Lug	1.313	474	726	2.514
Ago	1.291	468	734	2.493
Set	2.872	655	806	4.333
Ott	4.398	829	921	6.148
Nov	4.609	826	1.056	6.491
Dic	4.032	820	1.214	6.066
Totale	41.500	8.580	11.477	61.557

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

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



I profili di prelievo medi mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti lineari in funzione dell'utilizzo dei servizi elettrici della struttura. I mesi estivi presentano consumi minori dovuti alla chiusura della scuola e allo spegnimento dell'impianto di riscaldamento. Considerando l'andamento dei singoli anni, si nota che nel 2016 i consumi sono lievemente in calo rispetto agli anni precedenti.

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 5.9 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

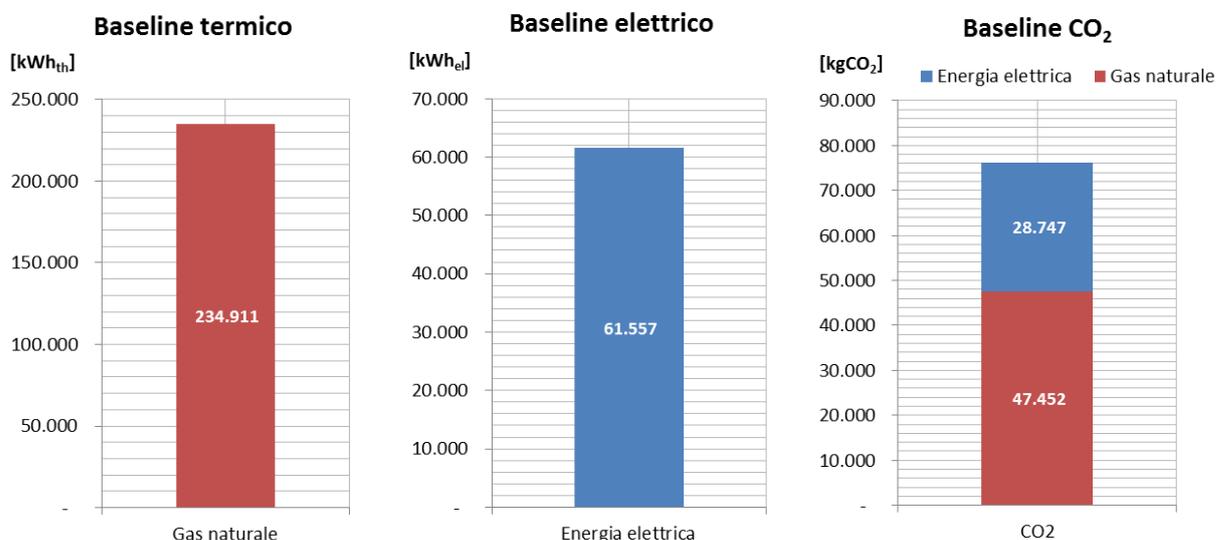
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
[Energia elettrica]	61.557	* 0,467	28,7
[Gas naturale]	234.911	* 0,202	47,5
Totale			20,22

Figura 5.4 – 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 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,ren}	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 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.967	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.208	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	26.215	m ³

Nella Tabella 5.13 e

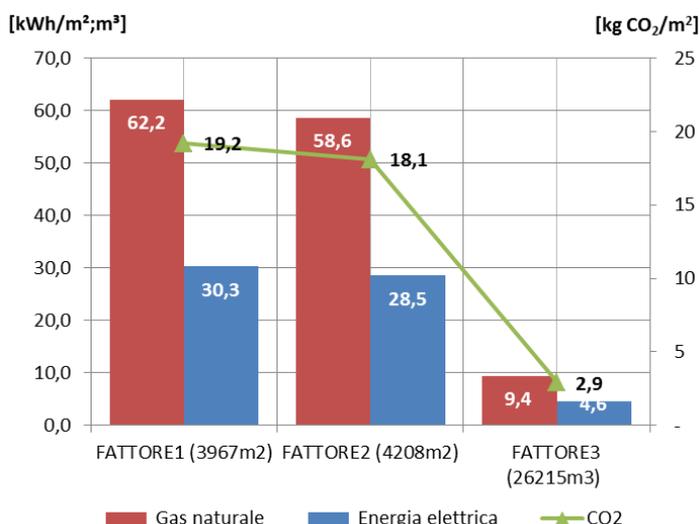
Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale

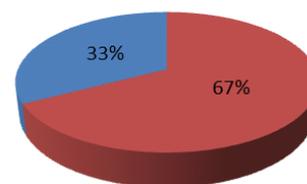
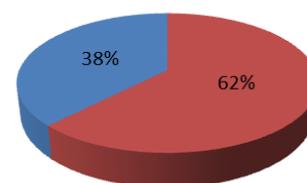
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	234.911	1,05	246.657	62,2	58,6	9,4	11,96	11,28	1,81
Energia elettrica	61.557	2,42	148.969	37,6	35,4	5,7	7,25	6,83	1,10
TOTALE			395.625	100	94	15	19	18	3

Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	234.911	1,05	246.657	62,2	58,6	9,4	11,96	11,28	1,81
Energia elettrica	61.557	1,95	120.037	30,3	28,5	4,6	7,25	6,83	1,10
TOTALE			366.693	92	87	14	19	18	3

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	9,4	11,4	8,7	0	0	0

Energia elettrica	0	0	0	13,2	13,1	12,4
	Buono	Buono	Buono	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo risultati positivi riguardo ai consumi termici, che classificano l'edificio come BUONO in tutto il triennio considerato.

Dal punto di vista elettrico invece l'edificio rientra nella classe di merito Sufficiente per tutto il triennio considerato.

Per effettuare una valutazione riassuntiva degli indicatori di performance energetica e un confronto rispetto agli altri edifici del lotto, si faccia riferimento all'Allegato M – Report di benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	127,63	120,42
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	86,81	86,52
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	5,68	5,60
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	34,41	27,72
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,73	0,59
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	25	

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
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	34.410 Nmc	359.138
Energia Elettrica	60.842 kWhel	118.642

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

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

Dove:

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

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H,aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(10)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(10)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (10) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor mediante la costruzione di un modello elettrico elaborato a partire dalla potenza degli apparecchi e dalla stima del loro effettivo utilizzo

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 la specifica destinazione d’uso, le effettive ore di apertura e utilizzo della struttura, nonché gli effettivi giorni di funzionamento dell’impianto termico.

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	EP_{gl}	kWh/mq anno	95,78	89,30
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	58,14	57,91
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	5,88	5,79
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-

Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	31,03	25,00
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,73	0,59
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	19	

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. Tali indici sono coerenti con quelli calcolati in precedenza derivanti dai valori di baseline.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[Nmc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	23.719	235.762
Energia Elettrica		60.161

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
235.762	234.911	0,4%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
60.161	61.557	2%

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

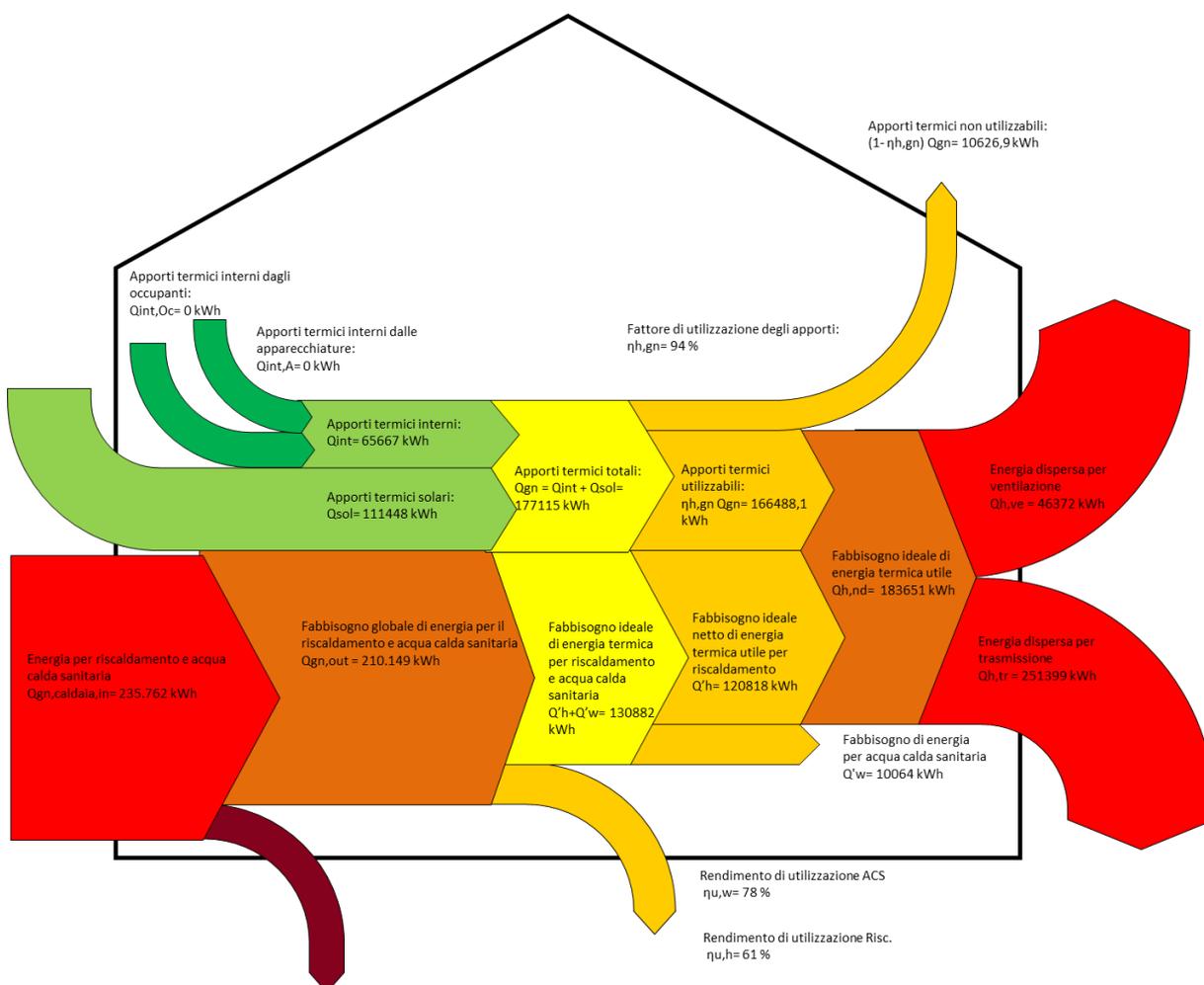
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

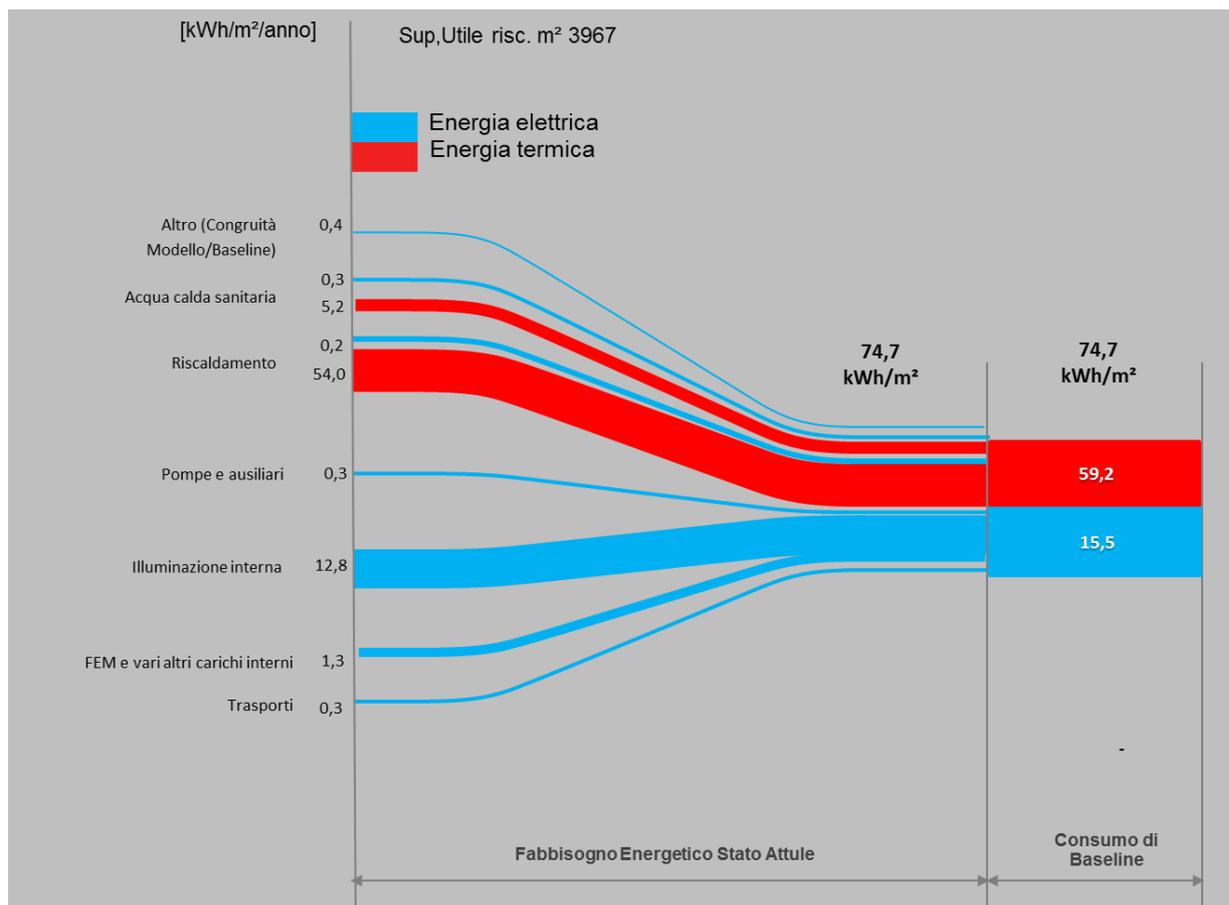
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'energia dispersa per trasmissione attraverso i componenti di involucro è abbastanza importante e si presta quindi a buoni margini di miglioramento andando ad operare con interventi di coibentazione degli elementi disperdenti. Anche le perdite di utilizzazione degli impianti presentano margini di miglioramento andando ad agire sui sottosistemi di regolazione e distribuzione.

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.

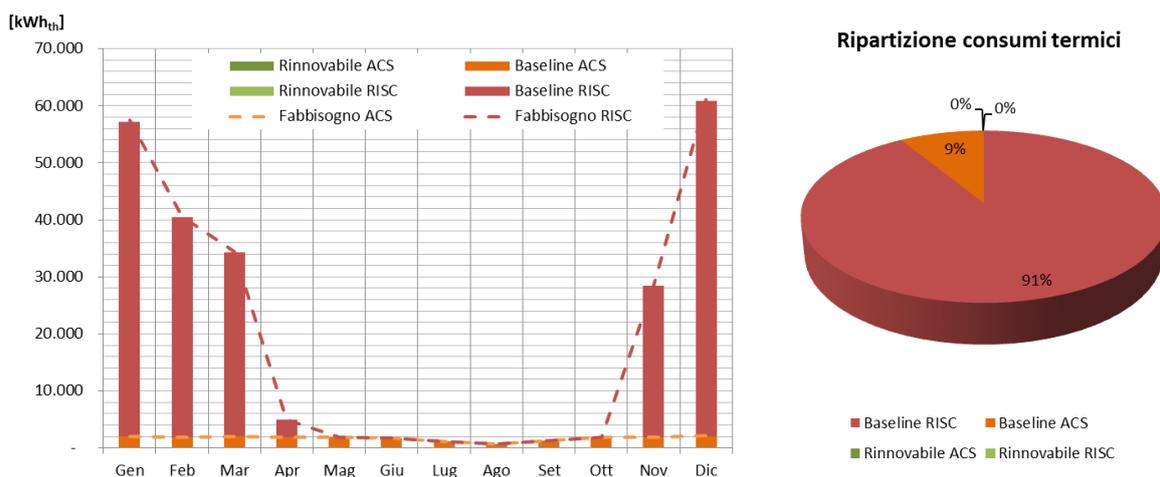
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che i consumi termici sono imputabili prevalentemente a esigenze di riscaldamento e in minima parte alla produzione di ACS. I consumi elettrici sono invece maggiormente dovuti all'illuminazione elettrica e alle apparecchiature della cucina, che nel grafico sono incluse all'interno della voce "FEM e altri carichi interni".

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



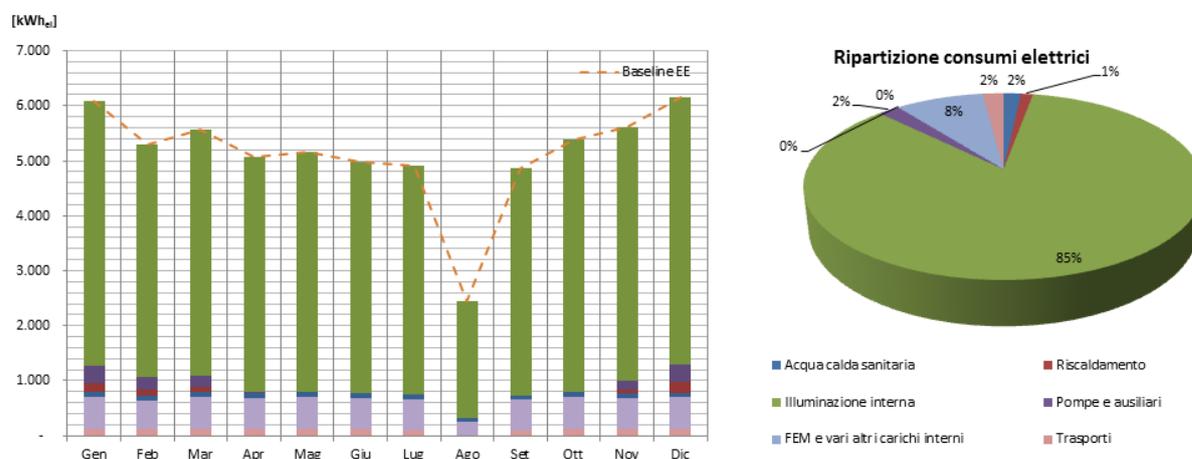
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali dell'edificio, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'impianto di illuminazione, seguito dalle attrezzature interne alla scuola costituite in gran parte dalle apparecchiature della cucina, 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 tre contratti differenti per i tre PDR presenti all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270050359824: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. L'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico è stata stimata partendo dai costi unitari di gas metano negli anni corrispondenti ricavati dal sito dell'ARERA;
- PDR 2 – 3270011882383: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura;
- PDR 3 – 3270011882585: fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura; in questo caso la PA ha in attivo un contratto di Conduzione e Manutenzione (O&M<35kW) stipulato con un soggetto terzo.

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 2: 3270011882383	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	n/d	Comune di Genova - Uff. Civiche UtENZE	Comune di Genova - Uff. Civiche UtENZE
Società di fornitura	n/d	IREN / ENI SPA DA APRILE 2015	ENI SPA/ENERGETIC SPA DA APRILE 2016
Inizio periodo fornitura	n/d	precedente/1/4/2015	1/4/2016
Fine periodo fornitura	n/d	1/4/2016	In corso
Classe del contatore	G6	G4	G4
Tipologia di contratto	nd	UtENZE con attività di servizio pubblico RISCALDAMENTO + USO COTTURA CIBI E/O PROD. DI ACS	UtENZE con attività di servizio pubblico RISCALDAMENTO + USO COTTURA CIBI E/O PROD. DI ACS
Opzione tariffaria ⁽¹¹⁾	nd	OFFERTA CONSIP	Prodotto CONSIP 8
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	1,023	1,023
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	nd	38,190 MJ/mc	39,15 MJ/mc
Prezzi di fornitura del combustibile ⁽¹²⁾ (IVA INCLUSA)	nd	0,033 €/kWh	0,024 €/kWh

Nota (11): per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (12): 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.

PDR 3: 3270011882585	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	n/d	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	n/d	IREN / ENI SPA DA APRILE 2015	ENI SPA/ENERGETIC SPA DA APRILE 2016
Inizio periodo fornitura	n/d	precedente/1/4/2015	1/4/2016
Fine periodo fornitura	n/d	1/4/2016	In corso
Classe del contatore	G6	G6	G6
Tipologia di contratto	nd	Utenze con attività di servizio pubblico RISCALDAMENTO	Utenze con attività di servizio pubblico RISCALDAMENTO
Opzione tariffaria ⁽¹³⁾	nd	Mercato libero Prodotto Consip 7 Gas	Prodotto CONSIP 8 Indiretti
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	1,023	1,023
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	nd	38,190 MJ/mc	39,26 MJ/mc
Prezzi di fornitura del combustibile ⁽¹⁴⁾ (IVA INCLUSA)	nd	0,033 €/kWh	0,024 €/kWh

Nota (13): per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (14): 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 con l'ultimo fornitore il prezzo del vettore energetico è diminuito ed è aumentato il potere calorifico del gas, ne consegue che l'attuale fornitore è più conveniente rispetto a quelli precedenti.

Nella Tabella 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti. Si noti che per i PDR 2 e 3 sono stati analizzati solo i costi del 2015 e 2016 per assenza delle fatturazioni riferite al 2014.

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

GASOLIO	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
costi unit gasolio	0,72651			0,40321	0,249	1,3783	€/litro	Fonte ARERA 2014
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	2.893	-	-	1.606	990	5.489	40.185	0,137
Feb - 14	2.872	-	-	1.594	982	5.448	39.885	0,137
Mar - 14	2.165	-	-	1.202	741	4.108	30.074	0,137
Apr - 14	885	-	-	491	303	1.678	12.287	0,137
Mag - 14						-	-	-
Giu - 14						-	-	-
Lug - 14						-	-	-
Ago - 14						-	-	-
Set - 14						-	-	-
Ott - 14						-	-	-
Nov - 14	1.925	-	-	1.069	659	3.653	26.740	0,137
Dic - 14	2.257	-	-	1.252	772	4.281	31.339	0,137
Totale	12.997	-	-	7.213	4.446	24.657	180.510	0,137

GASOLIO/PDR 1: 3270050359824	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15 - Gasolio	3.117			1.730	1.066	5.914	43.294	0,137
Feb - 15 - Gasolio	3.446			1.913	1.179	6.538	47.862	0,137
Mar - 15 - Gasolio	2.498			1.386	855	4.739	34.695	0,137
Apr - 15 - Gasolio	1.363			757	466	2.586	18.934	0,137
Mag - 15						-	-	-
Giu - 15						-	-	-
Lug - 15						-	-	-
Ago - 15						-	-	-
Set - 15						-	-	-
Ott - 15						-	-	-
Nov - 15	890	139	409	629	455	2.521	27.955	0,090
Dic - 15	1.364	212	626	963	696	3.861	42.818	0,090
Totale	12.679	351	1.034	7.377	4.717	26.158	215.558	0,121
PDR 1: 3270050359824	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 16	1.127	106	551	855	581	3.219	38.013	0,085
Feb - 16	993	93	486	753	512	2.837	33.498	0,085
Mar - 16	896	84	438	679	461	2.558	30.202	0,085
Apr - 16	189	23	114	182	112	620	8.112	0,076
Mag - 16						-	-	-
Giu - 16						-	-	-
Lug - 16						-	-	-
Ago - 16						-	-	-
Set - 16						-	-	-
Ott - 16						-	-	-
Nov - 16	546	62	317	504	315	1.744	22.408	0,078
Dic - 16	512	58	298	472	295	1.636	21.012	0,078
Totale	4.264	426	2.203	3.446	2.275	12.614	153.245	0,082

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per i trimestri e gli anni corrispondenti. Lo stesso procedimento è stato usato per ricavare i costi del gasolio per il 2014 e la prima metà del 2015.

PDR 2: 3270011882383	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	186	4	61	71	39	361	4.087	0,088
Feb - 15	168	4	60	77	58	366	3.692	0,099
Mar - 15	186	4	66	85	75	415	4.087	0,102
Apr - 15	54	4	23	37	26	143	1.780	0,080
Mag - 15	56	4	23	38	27	148	1.846	0,080
Giu - 15	54	4	22	39	26	145	1.790	0,081
Lug - 15	53	4	23	41	27	147	1.846	0,080
Ago - 15	53	4	23	41	26	147	1.837	0,080
Set - 15	52	4	22	39	26	143	1.790	0,080
Ott - 15	54	4	23	42	27	149	1.846	0,081
Nov - 15	53	4	22	40	26	145	1.780	0,081
Dic - 15	56	4	23	42	27	151	1.846	0,082
Totale	1.023	46	391	592	409	2.461	28.229	0,087
PDR 2: 3270011882383	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	48	4	20	28	- 2	98	1.846	0,053
Feb - 16	47	4	21	36	16	125	1.724	0,072
Mar - 16	51	4	24	38	26	142	1.846	0,077
Apr - 16	64	89	40	63	56	311	3.014	0,103
Mag - 16	22	89	14	22	32	179	1.046	0,171
Giu - 16	20	89	12	21	31	174	951	0,183
Lug - 16	19	89	11	19	31	169	867	0,195
Ago - 16	19	89	11	19	30	169	867	0,195
Set - 16	21	89	12	21	32	175	951	0,184
Ott - 16	27	89	12	24	34	186	1.074	0,173
Nov - 16	146	89	68	132	96	530	5.850	0,091
Dic - 16	112	89	52	101	78	431	4.484	0,096
Totale	596	810	297	526	459	2.688	24.520	0,110

PDR: 3270011882585	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15	458	4	140	119	150	871	10.078	0,086
Feb - 15	443	4	154	211	179	990	9.747	0,102
Mar - 15	414	4	142	205	168	934	9.123	0,102
Apr - 15	221	4	90	165	106	586	7.348	0,080
Mag - 15	64	4	26	48	31	173	2.129	0,081
Giu - 15	62	4	21	47	30	164	2.072	0,079
Lug - 15	62	4	21	48	30	164	2.138	0,077
Ago - 15	65	4	22	51	31	174	2.270	0,077
Set - 15	77	4	26	60	37	204	2.675	0,076
Ott - 15	91	4	30	70	43	237	3.099	0,077
Nov - 15	155	4	52	119	72	401	5.285	0,076
Dic - 15	251	4	84	193	117	650	8.600	0,076
Totale	2.363	46	811	1.336	993	5.549	64.565	0,086
PDR: 3270011882585	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 16	262	4	107	185	92	650	9.580	0,068
Feb - 16	260	4	131	205	132	732	9.495	0,077
Mar - 16	241	4	108	198	121	672	8.798	0,076
Apr - 16	57	3	34	60	34	187	2.675	0,070
Mag - 16	46	3	27	49	27	151	2.157	0,070
Giu - 16	50	3	30	53	30	164	2.346	0,070
Lug - 16	44	3	23	44	25	139	1.978	0,070
Ago - 16	37	3	17	38	21	115	1.677	0,069
Set - 16	42	3	20	44	24	133	1.941	0,068
Ott - 16	31	2	15	32	18	98	1.441	0,068
Nov - 16	224	3	82	202	112	622	8.977	0,069
Dic - 16	161	3	59	145	81	449	6.462	0,069
Totale	1.455	33	653	1.255	716	4.112	57.528	0,071

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'ARERA.

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

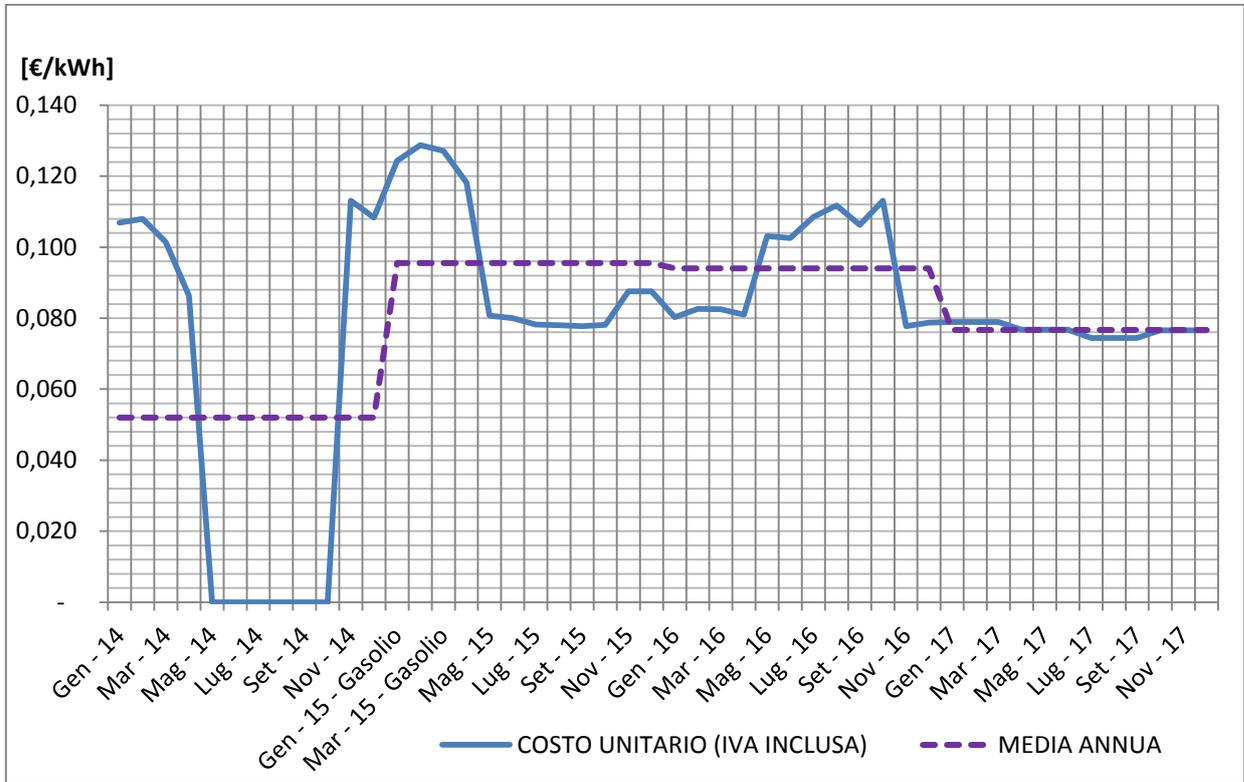
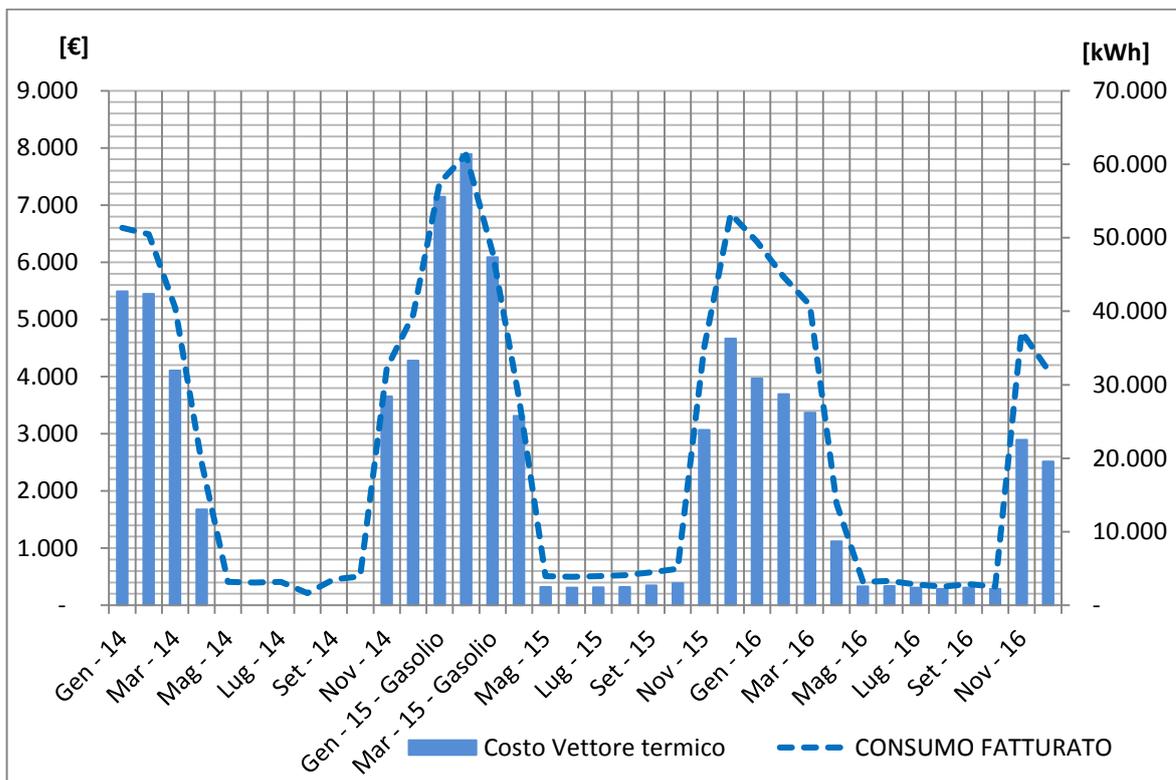


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Tralasciando il 2014 caratterizzata da consumi di gasolio per il riscaldamento della scuola e assenza di dati per gli altri PDR, dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è in progressiva diminuzione e che i consumi tendenzialmente sono proporzionali ai costi.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00122675 (scuola): contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- POD 2 – IT001E00098002 (VV.UU): 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 termico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00122675	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison / GALA spa (da aprile)	GALA SPA / IREN
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	31/03/2016	In corso
Potenza elettrica impegnata	53 kW	53 kW	53 kW
Potenza elettrica disponibile	53 kW	53 kW	53 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	Forniture in BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA esclusa) ⁽²⁾	0,066 €/kWh	0,061 €/kWh	0,061 €/kWh

POD: IT001E00098002	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison/GALA	GALA/IREN
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	In corso
Potenza elettrica impegnata	10 kW	10 kW	10 kW
Potenza elettrica disponibile	11 kW	11 kW	11 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	Forniture in BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁵⁾	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA esclusa) ⁽¹⁶⁾	0,067 €/kWh	0,061 €/kWh	0,061 €/kWh

Nota (15): per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (16): 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 costo unitario di fornitura del vettore energetico si sia abbassato rispetto al 2014.

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: IT001E00122675	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	487	96	398	66	105	1.152	5.285	0,218
Feb - 14	454	96	372	62	98	1.082	4.934	0,219
Mar - 14	505	96	411	68	108	1.189	5.463	0,218
Apr - 14	509	96	410	66	108	1.190	5.285	0,225
Mag - 14	525	96	424	68	111	1.225	5.463	0,224
Giu - 14	185	96	153	25	46	505	1.969	0,256
Lug - 14	152	27	130	21	33	363	1.655	0,219
Ago - 14	152	27	130	21	33	363	1.655	0,219
Set - 14	341	101	284	45	77	849	3.620	0,235
Ott - 14	453	102	392	61	101	1.108	4.878	0,227
Nov - 14	478	107	420	66	107	1.178	5.245	0,225
Dic - 14	485	17	523	68	109	1.203	5.419	0,222
Totale	4.728	958	4.048	636	1.037	11.406	50.871	0,224
POD: IT001E00122675	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	463	108	415	68	105	1.159	5.419	0,214
Feb - 15	408	65	378	62	91	1.003	4.934	0,203
Mar - 15	437	65	418	68	99	1.087	5.463	0,199
Apr - 15	342	92	463	74	97	1.068	5.959	0,179
Mag - 15	132	22	182	29	36	401	2.343	0,171
Giu - 15	124	22	176	28	35	385	2.269	0,170
Lug - 15	120	22	187	29	36	393	2.343	0,168
Ago - 15	116	22	187	29	35	389	2.343	0,166
Set - 15	148	157	252	40	60	657	3.179	0,207
Ott - 15	238	158	460	69	93	1.018	5.551	0,183
Nov - 15	232	96	444	67	84	922	5.354	0,172
Dic - 15	364	93	388	59	90	994	4.685	0,212
Totale	3.122	920	3.949	623	861	9.476	49.842	0,190

POD: IT001E00122675	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	365	92	400	65	92	1.014	5.177	0,196
Feb - 16	271	90	373	60	79	873	4.808	0,182
Mar - 16	270	90	399	64	82	906	5.141	0,176
Apr - 16	248	87	368	59	76	839	4.720	0,178
Mag - 16	268	80	369	59	78	854	4.744	0,180
Giu - 16	160	85	210	34	49	537	2.680	0,200
Lug - 16	70	29	77	12	19	207	990	0,209
Ago - 16	35	29	43	7	11	125	549	0,228
Set - 16	246	75	264	42	63	690	3.383	0,204
Ott - 16	388	90	376	60	91	1.005	4.795	0,210
Nov - 16	504	87	439	70	110	1.210	5.612	0,216
Dic - 16	420	90	388	62	96	1.055	4.960	0,213
Totale	3.244	924	3.706	594	847	9.315	47.559	0,196

POD: IT001E00098002	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	106	42	93	15	56	313	1.236	0,253
Feb - 14	97	42	85	14	52	290	1.128	0,257
Mar - 14	100	42	89	15	54	299	1.175	0,255
Apr - 14	84	42	72	12	46	256	933	0,274
Mag - 14	75	42	42	11	37	207	841	0,246
Giu - 14	69	14	63	10	34	190	775	0,245
Lug - 14	72	42	64	10	41	229	814	0,281
Ago - 14	88	42	78	13	49	269	1.003	0,268
Set - 14	72	42	64	10	41	229	816	0,281
Ott - 14	95	42	87	14	52	290	1.088	0,267
Nov - 14	100	42	93	15	55	304	1.165	0,261
Dic - 14	98	42	94	15	55	304	1.179	0,258
Totale	1.056	474	926	152	574	3.180	12.153	0,262
POD: IT001E00098002	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO

ANNO 2015	PARTE FISSA		PARTE VARIABILE		[€]	[€]	[kWh]	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]	[€]				[€/kWh]
Gen - 15	97	43	101	15	56	312	1.221	0,256
Feb - 15	87	43	94	14	52	291	1.138	0,256
Mar - 15	83	43	93	14	51	285	1.127	0,253
Apr - 15	65	43	90	13	47	258	1.074	0,240
Mag - 15	62	43	87	13	45	251	1.046	0,240
Giu - 15	49	43	71	11	38	211	849	0,249
Lug - 15	47	43	76	11	39	217	886	0,245
Ago - 15	52	43	85	12	43	236	999	0,236
Set - 15	51	43	88	13	43	238	1.027	0,231
Ott - 15	49	44	95	13	44	246	1.063	0,231
Nov - 15	48	44	92	13	43	239	1.027	0,233
Dic - 15	48	44	92	13	43	240	1.034	0,232
Totale	737	520	1.065	156	545	3.023	12.491	0,242
ANNO 2016	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	(IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					[€/kWh]
[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	75	42	96	14	50	278	1.159	0,240
Feb - 16	64	42	100	15	49	270	1.205	0,224
Mar - 16	59	42	97	15	47	259	1.160	0,223
Apr - 16	37	42	59	9	32	179	708	0,253
Mag - 16	52	42	78	12	41	225	938	0,240
Giu - 16	45	42	64	10	35	196	768	0,255
Lug - 16	59	42	71	11	40	223	853	0,262
Ago - 16	59	42	77	12	42	231	930	0,249
Set - 16	68	42	81	12	45	248	974	0,255
Ott - 16	82	42	90	13	50	277	1.070	0,259
Nov - 16	89	42	90	13	51	285	1.070	0,266
Dic - 16	75	42	77	12	45	251	921	0,272
Totale	765	502	982	147	527	2.922	11.756	0,249

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'ARERA.

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

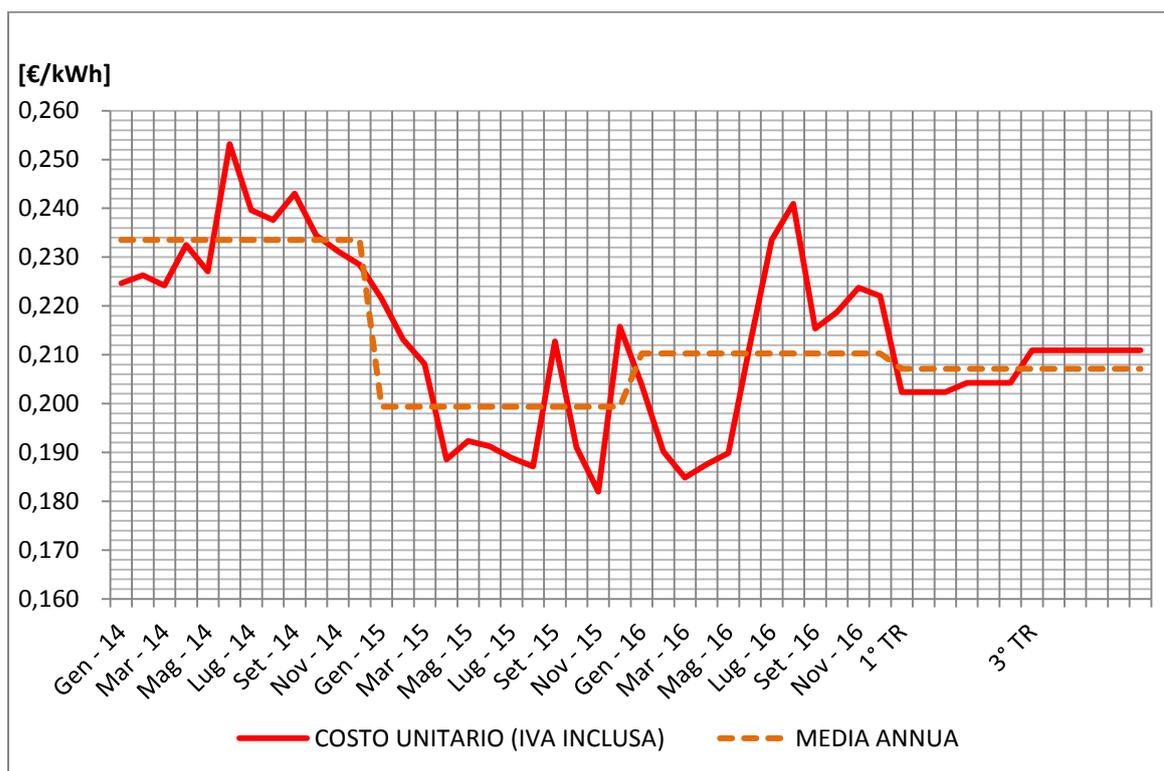
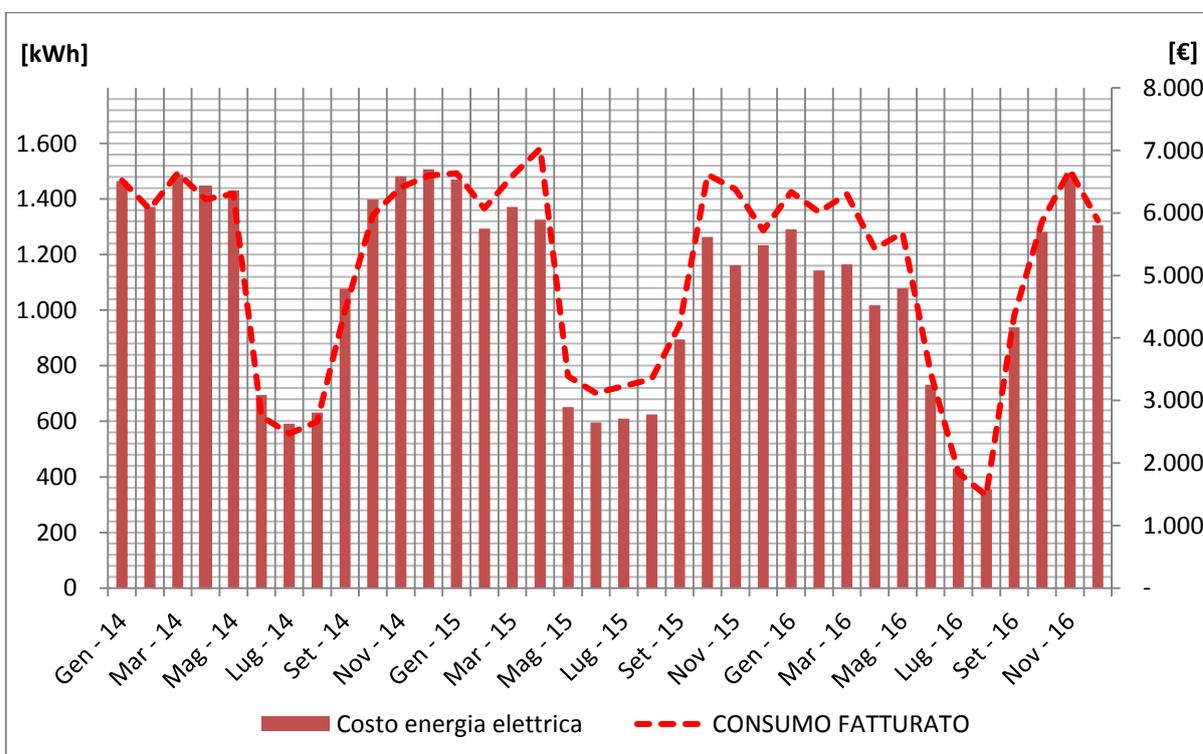


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi unitari medi dell'energia elettrica è in costante diminuzione negli anni con un picco al ribasso nel 2015. I costi unitari mensili oscillano al di sopra e al di sotto della media poiché influenzati dalla parte fissa degli oneri di sistema, quota che è sempre dovuta anche con pochi consumi energetici.

Dalla Figura 7.4 si può dedurre che i costi seguono sostanzialmente lo stesso andamento dei consumi elettrici, registrando un abbassamento più significativo tra la seconda metà del 2015 e la prima parte del 2016.

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 comprensivi di 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]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	253769	€ 24.657	€ 0,10		63024	14.587	0,23	€ 39.243,73
2015	308352	€ 34.168	€ 0,11		62333	12.499	0,20	€ 46.667,22
2016	235293	€ 19.414	€ 0,08		59315	12.238	0,21	€ 31.651,80
Media	265805	€ 26.080	€ 0,10		61557	13108	0,21	€ 39.187,58

Poiché non si hanno i costi di fatturazione del PDR gestito con contratto SIE3, inoltre a causa della complessità di valutazione delle fatture, sia elettriche che di metano, le quali sono per la maggior parte calcolate su valori stimati di consumo, a cui segue una non totale reperibilità delle fatture oggetto di conguaglio, potrebbero esserci variazioni rispetto al reale costo pagato dal Comune. Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori riportati nella Tabella 7.6, ricavati nel seguente modo:

- Il costo unitario del gas naturale è stato calcolato a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di maggior tutela per l’anno 2017, considerando i valori trimestrali di costo indicati per la Regione Liguria, riferiti ai “condomini uso domestico”.

Cu_Q è stato ottenuto apportando una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela, in funzione del consumo annuo e della classe del contatore per i PDR in esame, ciò al fine di riportare tali valori a condizioni simili a quelle del mercato libero a cui aderisce la Pubblica Amministrazione.

- Analogamente il costo unitario per l’energia elettrica è stato calcolato a partire dai costi trimestrali forniti da ARERA per il servizio di maggior tutela, riferiti al 2017 per “clienti non domestici”.

Il costo unitario così ricavato, è stato confrontato con il costo unitario ricavato dalla fatturazione per l’anno 2016. Poiché quest’ultimo risulta minore del Cu_{EE} di ARERA, è stata applicata una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela in funzione della potenza disponibile e della potenza impegnata per i POD in esame.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo al 2017 -5%	Cu_Q 0,077	[€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo al 2017 -5%	Cu_{EE} 0,213	[€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-148: servizio SIE3
- L1-042-269: O&M
- L1-042-270: O&M<35kW

Facendo riferimento al capitolo 5 del Capitolato Tecnico della convenzione per l'affidamento del servizio integrato energia per le pubbliche amministrazioni ai sensi dell'art. 26 legge n. 488/1999 e s.m.i. e dell'art. 58 legge n. 388/2000, dove sono descritte nel dettaglio le caratteristiche del servizio di "Gestione, Conduzione e Manutenzione", si deduce che i servizi compresi all'interno della componente manutentiva riguardano:

- 1) Gestione e conduzione degli impianti, comprensivo del servizio di terzo responsabile;
- 2) Manutenzione ordinaria degli impianti:
 - Manutenzione Preventiva,
 - Manutenzione Correttiva a guasto (con servizio di reperibilità e pronto intervento);
- 3) Manutenzione straordinaria:
 - Interventi di adeguamento normativo;
 - Interventi di riqualificazione energetica;
- 4) Fornitura gas naturale per il SIE3.

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 30.107 € + IVA comprensivo del costo di fornitura del vettore energetico relativo al PDR1, così ripartiti:

NR PDR	Nome impianto	Servizio	Contratto	Importo contratto manutenzione (IVA compresa)
PDR 1	L1-042-148	Risc scuola	SIE3	€ 35.850
PDR 2	L1-042-269	ACS cucina e usi cottura	nd	€ 533
PDR 3	L1-042-270	Risc e ACS VVUU	O&M<35kW	€ 348
TOTALE				€ 36.731

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-E1637. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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

$$C_M = C_{SIE3} - C_Q = 35.850 \text{ €} - 12.614 \text{ €} = 23.236 \text{ €}$$

dove:

- C_Q è il costo annuo del vettore energetico per il 2016 ricavato dalla Tabella 7.2 per il PDR1;

- C_{SIE3} è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E1637 per il PDR1
e sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

Nella seguente tabella si riportano le suddivisioni dei costi, IVA inclusa, calcolati secondo i criteri precedenti:

NR PDR	Contratto	CM	CMS	CMO
PDR 1	SIE3	€ 23.236	€ 4.880	€ 18.356
PDR 2	nd	€ 533	€ 53	€ 480
PDR 3	O&M<35kW	€ 348	€ 35	€ 313
TOTALE		€ 24.117	€ 4.968	€ 19.149

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori 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	C_{MO} 19.149	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa agli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 4.968	[€/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:

$$C_E = Q_{baseline} \times C_{uQ} + EE_{baseline} \times C_{uEE}$$

La Baseline dei Costi per il sistema edificio/impianti pre-intervento è pertanto uguale a:

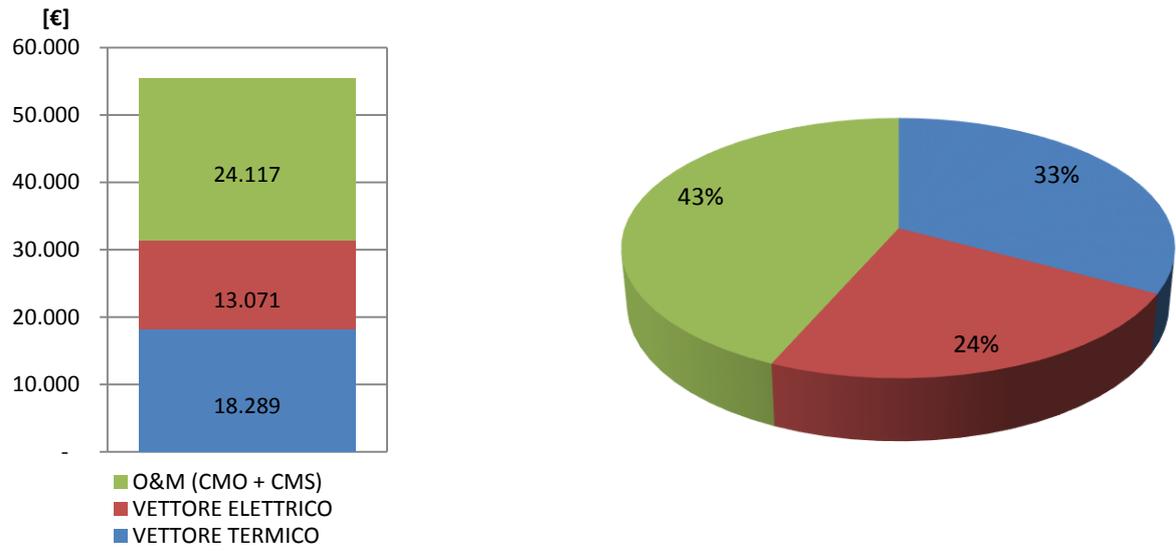
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 31.360 e un $C_{baseline}$ pari a € 55.477.

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline (IVA inclusa)

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
234.911	0,078	18.289	61.557	0,212	13.071	24.117	19.149	4.968	55.477

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: Coibentazione del sottotetto

Generalità

L'ultimo piano riscaldato tende a disperdere calore verso l'alto nel sottotetto e, se non trova sulla soletta una barriera, facilita lo scambio termico con il sottotetto freddo. La misura prevede quindi la coibentazione del soffitto dell'ultimo piano riscaldato, sull'intradosso del solaio. Nel caso dell'edificio oggetto di diagnosi, gran parte della copertura confina con un sottotetto non riscaldato e non abitabile. L'intervento prevede la posa di isolante in pannelli di lana di vetro. La finalità dell'intervento è di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali sottostanti.

Figura 8.1 – Particolare sottotetto coibentato con insufflaggio



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'utilizzo della coibentazione del sottotetto con rotoli viene generalmente preferita all'utilizzo di pannelli rigidi quando non si ha la necessità di rendere calpestabile l'intera area isolata. Eventualmente esiste la possibilità di predisporre camminamenti per il passaggio o la manutenzione della copertura, realizzati con bancaletti in legno oppure utilizzando fasce di materiale a densità più elevata lungo i percorsi di accesso.

La soluzione consente di migliorare il comfort dell'ultimo piano sia in inverno che in estate con costi contenuti, garantendo una protezione dal freddo in inverno e uno smorzamento dell'onda termica in estate.

La scelta dei materiali da utilizzare varia a seconda delle dimensioni interne dei locali, e delle condizioni termoigrometriche delle zone di posa. I materiali utilizzati per questo tipo di applicazione possono essere lana di roccia, lana di vetro, lana di pecora, cotone, termoriflettenti multistrato.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante in rotoli di lana di vetro con le caratteristiche termiche che consentano il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico.

Descrizione dei lavori

La prima fase per realizzare questo intervento consiste nel trasporto del materiale fino al luogo di posa. In seguito è necessario predisporre il supporto al montaggio dell'isolante termico; rientrano in questa fase la pulizia del fondo e la preparazione delle superfici, mentre in casi molto rari può essere anche necessaria la rimozione di alcuni strati del pavimento.

Si passa poi alla stesura dello strato di separazione, operazione non sempre necessaria ma comunque consigliabile. Sullo strato di separazione si procede con la stesura di listelli in legno, con passo pari alla larghezza del rotolo; l'isolante termico è poi disteso fra due listelli. Si procede quindi al riempimento di tutti gli spazi ricavati fra due listelli, fino ad ultimare la superficie del locale.

Se il locale deve essere utilizzato spesso, è opportuno disporre sopra all'isolante termico sottotetto uno strato calpestabile e che funzioni da ripartitore di carichi (quindi sottofondo a secco o pannelli in legno OSB); tali elementi possono essere fissati ai travetti in legno tramite viti o chiodi.

Avvertenze generali. Il materiale isolante al momento della posa deve essere asciutto. Il lavoro deve essere svolto da personale tecnico specializzato che provveda alla raccolta di documentazione tecnica relativa al corretto impiego del materiale isolante attraverso la documentazione tecnica del produttore (es. etichetta marcatura CE, attestato di conformità).

Le verifiche importanti da svolgere sono visive durante la realizzazione dei lavori. Dal punto di vista strumentale, a lavori conclusi e in un periodo di condizionamento un'eventuale indagine termografica dall'interno può verificare la presenza e uniformità del materiale isolante e un'indagine di misura in opera della conduttanza può verificare il buon grado di isolamento della struttura.

Prestazioni raggiungibili

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

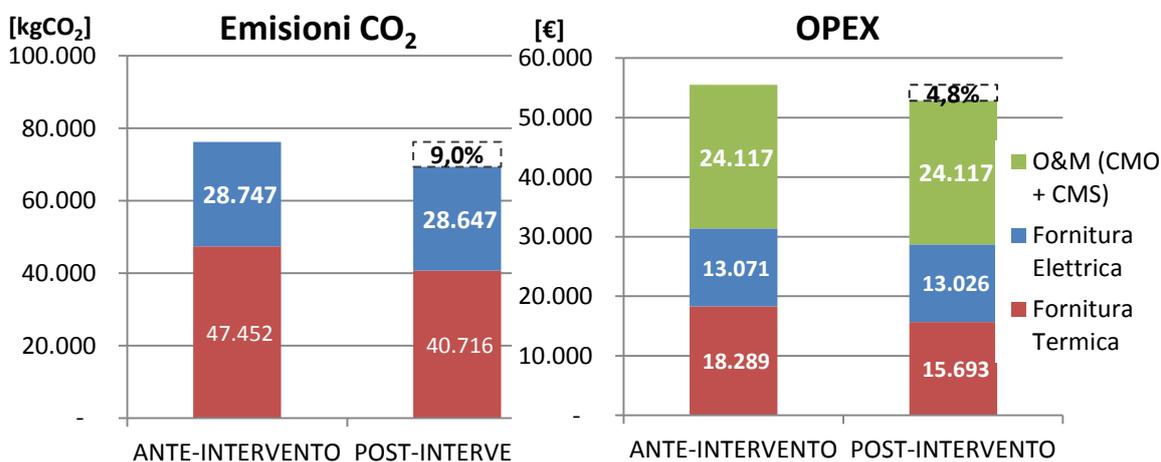
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione solaio sottotetto

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza solaio]	[W/m ² K]	1,48	0,21	85,8%
Q _{teorico}	[kWh]	235.762	202.294	14,2%
EE _{teorico}	[kWh]	60.161	59.952	0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	234.911	201.564	14,2%
EE _{baseline}	[kWh]	61.557	61.343	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	47.452	40.716	14,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.747	28.647	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	76.199	69.363	9,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	18.289	15.693	14,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.071	13.026	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	31.360	28.718	8,4%
C _{MO}	[€]	19.149	19.149	0,0%
C _{MS}	[€]	4.968	4.968	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	24.117	24.117	0,0%
OPEX	[€]	55.477	52.835	4,8%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

Nota (17) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



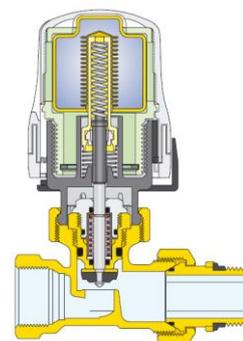
8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili per la scuola

Generalità

Le valvole termostatiche sono un semplice dispositivo capace di regolare il flusso di un fluido grazie alla loro sensibilità alle variazioni di temperatura. Negli impianti di riscaldamento vengono montate sui radiatori per regolare il flusso d'acqua in base alla temperatura richiesta dall'ambiente allo scopo di evitare sprechi e migliorare il comfort, stabilizzando la temperatura a livelli diversi nei locali a seconda delle necessità. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono significativi risparmi energetici.

Al fine di ottimizzare la rete di distribuzione dell'impianto di riscaldamento, l'installazione delle valvole termostatiche viene integrata con l'installazione di un'elettropompa di circolazione a giri variabili. In questo modo, all'interno dell'impianto, al variare delle cadute di pressione determinate dal grado di apertura delle valvole termostatiche, fluisce una portata di acqua calda il più vicino possibile al valore di progetto.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Nel presente intervento si prevede l'installazione di una tecnologia di gestione e controllo automatico dell'impianto termico (sistema di *building automation*). Il sistema è infatti composto da

- valvole termostatiche programmabili singolarmente su due livelli di set-point di temperatura giornalieri, con controllo PID e regolazione variabile con intervalli da 0,5°C
- centralina di controllo che gestisce le valvole ad essa connesse attraverso una comunicazione senza fili e consente la regolazione del riscaldamento nei singoli locali da un unico punto di controllo, anche attraverso una applicazione per dispositivi mobili
- relè di caldaia per l'accensione e lo spegnimento del generatore di calore in funzione della richiesta termica dell'edificio

a cui si aggiunge l'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili da installare in centrale termica in sostituzione di quella già presente a velocità di rotazione fissa.

Con tale sistema è possibile eseguire una regolazione sufficientemente fine (regolazione per locale) anche su sistemi costituiti da un singolo circuito di distribuzione che serve zone termiche e locali con necessità di temperatura e di occupazione diverse, senza intervenire pesantemente sull'impianto idraulico, raggiungendo ottimi risultati sia nel comfort che nel risparmio energetico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato. Essendo le valvole termostatiche installate sui radiatori esposte a manomissione si consiglia di schermare i dispositivi con opportune protezioni. Occorre verificare preliminarmente i luoghi più adatti per l'installazione delle centraline di controllo, le quali devono essere programmate e gestite solo da personale autorizzato. Il sistema deve essere programmato il più vicino possibile alle reali esigenze di richiesta termica dei locali in cui vengono installate le valvole. Inoltre devono essere periodicamente controllate, al fine di valutarne il corretto funzionamento, la corretta programmazione o l'eventuale sostituzione delle batterie di alimentazione.



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.3.

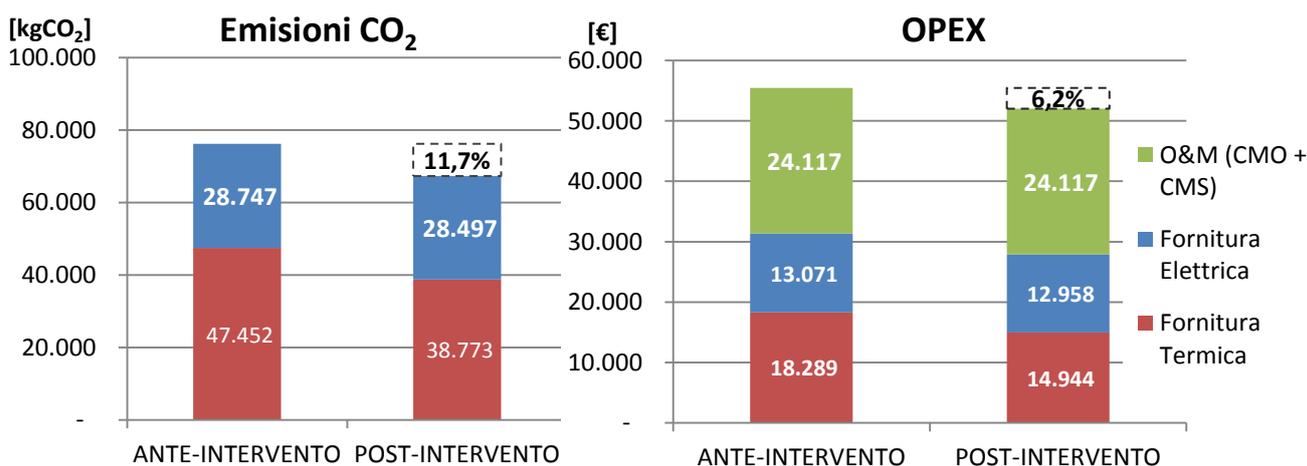
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Rendimento di regolazione]	[%]	73,6	98	33,2%
Q _{teorico}	[kWh]	235.762	192.642	18,3%
EE _{teorico}	[kWh]	60.161	59.638	0,9%
Q _{baseline}	[kWh]	234.911	191.947	18,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	61.557	61.022	0,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	47.452	38.773	18,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.747	28.497	0,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	76.199	67.271	11,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	18.289	14.944	18,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.071	12.958	0,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	31.360	27.902	11,0%
C _{MO}	[€]	19.149	19.149	0,0%
C _{MS}	[€]	4.968	4.968	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	24.117	24.117	0,0%
OPEX	[€]	55.477	52.018	6,2%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

Nota (18) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.3 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM3: Ristrutturazione impianto termico Polizia municipale

Generalità

La centrale termica al servizio degli uffici della polizia municipale si trova in grave stato di conservazione registrando alti consumi per soddisfare i fabbisogni di riscaldamento e ACS. Il presente intervento racchiude una serie sistematica di interventi finalizzata alla ristrutturazione del sottosistema di generazione e di regolazione.

Attualmente sono presenti due caldaie e due bollitori per la produzione di ACS. Si vuole sostituire l'impianto esistente con un'unica caldaia a condensazione dotata di accumulo per ACS, l'installazione di un'elettropompa a giri variabili, orologio digitale modulare per la programmazione settimanale, sonda di temperatura esterna per la regolazione con curva climatica e l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti.

La caldaia a condensazione modulante permetterà un migliore adattamento della potenza in funzione del carico richiesto, e consentirà anche di servire i circuiti a bassa temperatura ottimizzando la temperatura di mandata dell'acqua in funzione delle condizioni climatiche esterne e del carico effettivo.

Parallelamente si migliora anche il sistema di regolazione della centrale termica e dei singoli locali, mediante la regolazione della temperatura di mandata del circuito di riscaldamento collegata ad una sonda climatica e valvole termostatiche sui terminali di emissione di calore.

Il risparmio energetico deriva sia dalla migliore efficienza di combustione del nuovo generatore di calore, sia dalla migliore regolazione della temperatura ambiente e della distribuzione; con maggiore sicurezza ed affidabilità del sistema, con minori emissioni inquinanti in ambiente.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Dalla modellazione energetica eseguita sulla struttura è emerso che i generatori presenti sono sovradimensionati rispetto ai reali fabbisogni dell'unità immobiliare, pertanto si procede consigliando l'installazione di un generatore di taglia inferiore (stimato pari a 35 kW).

L'intervento in oggetto si propone di ristrutturare l'impianto termico agendo su tre aspetti principali:

- sostituire la caldaia alimentata a gas metano esistente di tipo tradizionale con un generatore a condensazione di ultima generazione, correttamente dimensionato in funzione delle effettive dispersioni termiche ed esigenze dell'edificio;
- sostituire la pompa di alimentazione del circuito esistente con una adeguata pompa gemellare a giri variabili;
- installare valvole termostatiche sui terminali di emissione del calore.

Occorre inoltre verificare che il rendimento del nuovo generatore di calore a condensazione rispetti i requisiti minimi per l'accesso all'incentivo da Conto Termico.

Descrizione dei lavori



Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato, occorre verificare preventivamente gli spazi di installazione in relazione agli ingombri delle nuove caldaie; verificare l'idoneità del condotto di evacuazione fumi; verificare la necessità di garantire una continuità di servizio all'edificio in fase di sostituzione. Verificare la presenza dell'addolcitore e che questo sia operativo. Verificare, in funzione della potenza installata, la necessità di installare un neutralizzatore di condensa (norma UNI 11071/2003).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

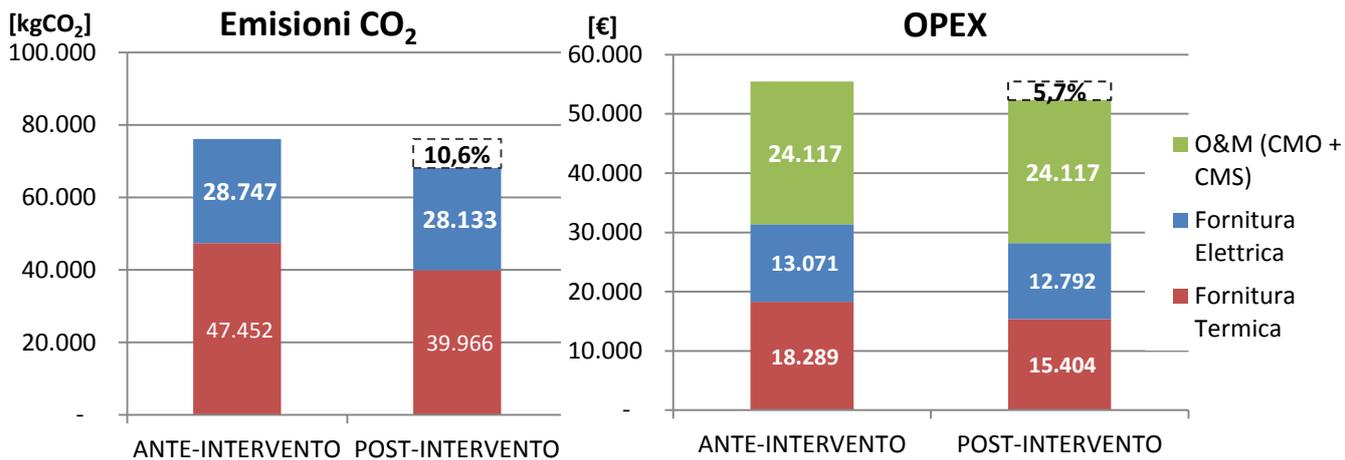
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Ristrutturazione impianto termico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Rendimento di generazione]	[%]	81,3	96,4	18,6%
Q _{teorico}	[kWh]	235.762	198.568	15,8%
EE _{teorico}	[kWh]	60.161	58.876	2,1%
Q _{baseline}	[kWh]	234.911	197.851	15,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	61.557	60.243	2,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	47.452	39.966	15,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.747	28.133	2,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	76.199	68.099	10,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	18.289	15.404	15,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.071	12.792	2,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	31.360	28.196	10,1%
C _{MO}	[€]	19.149	19.149	0,0%
C _{MS}	[€]	4.968	4.968	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	24.117	24.117	0,0%
OPEX	[€]	55.477	52.313	5,7%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classi

Nota (19) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

Generalità

Il presente intervento propone di sostituire le lampade fluorescenti installate sui corpi illuminanti all'interno dei locali con lampade a tecnologia LED di nuova generazione ad alta efficienza.

Dal punto di vista energetico, l'impiego di tubi LED può produrre una notevole riduzione dei consumi energetici in bolletta (dal 30% all'80%), dovuto ad una maggiore efficienza luminosa che permette di installare apparecchi con potenza dimezzata.

Altra caratteristica è la durabilità: una lampada LED può durare fino a 50.000 ore, contro le 10.000 ore di una lampada a neon, tagliando così i costi di sostituzione e senza costi di manutenzione ed allungando la vita utile.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I **tubi a neon** (o fluorescenti) sono costituiti da un tubo di vetro sigillato che contiene all'interno un gas nobile, il quale viene sollecitato grazie a due elettrodi posti alle due estremità, producendo radiazione luminosa. Per ottenere ciò è necessario uno starter e un reattore che fornisca la sovratensione. È per questo motivo che i comuni neon non si accendono immediatamente e producono il loro caratteristico sfarfallio prima dell'accensione completa.

Le **lampade tubolari LED** sono tubi perlopiù in plastica, non contengono né gas nobile da ionizzare né mercurio e si accendono istantaneamente senza bisogno di starter e reattore. Non producono calore, non emettono né contengono sostanze nocive e non hanno bisogno di manutenzione.

La maggiore efficienza dei tubi a LED consiste inoltre in una maggiore resa luminosa. I neon infatti emettono luce a 360° per cui parte di essa viene dispersa. Al contrario, i tubi a LED irradiano luce nel ventaglio dei 120° sottesi all'elemento luminoso lineare, cosicché il 100% della luce prodotta viene sfruttata e diretta verso la superficie da illuminare, senza dispersioni e senza dover ricorrere ad altri elementi riflettenti. Questo, scheda tecnica alla mano, si traduce in una maggiore efficienza a parità di flusso luminoso rispetto ai comuni tubi al neon.

Descrizione dei lavori

La sostituzione delle lampade è semplice e bastano pochissimi accorgimenti in base al tipo di trasformatore presente.

Se si utilizza un trasformatore convenzionale, occorrerà sostituire lo starter tradizionale con un apposito starter per LED; nel caso in cui sia presente un reattore elettronico, si dovrà provvedere all'eliminazione dello starter e del reattore ed inserire solo il nuovo LED.

Occorre quindi verificare la compatibilità delle nuove lampade con la tipologia di plafoniere esistenti, sia a livello di flusso luminoso che di resa cromatica, oltre che le caratteristiche dimensionali delle sorgenti luminose ed il tipo di reattore installato.

Attualmente all'interno dell'edificio sono installate lampade fluorescenti di vecchia generazione tipo neon T8 di diversa potenza.

I corpi illuminanti presenti sono di 4 tipologie principali che nel progetto di efficientamento dei corpi illuminanti hanno trovato le corrispondenze riportate nella seguente tabella.

Figura 8.5 – Esempio comparativo lampade neon e LED



Tabella 8.4 – Comparazione lampade

STATO DI FATTO					PROGETTO					
DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIERE	NR LAMPADE/PLAFONIERA	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA	DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIERE	NUMERO LAMPADE/PLAFONIERA	NUMERO LAMPADE tot	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]					[W]	[W]
Fluorescente T8 1x18	36	1	18	648	Fluorescente T8 1x18	36	1	36	10	360
Fluorescente T8 1x36	87	1	36	3132	Fluorescente T8 1x36	87	1	87	16	1392
Fluorescente T8 1x58	4	1	58	232	Fluorescente T8 1x58	4	1	4	24	96
Fluorescente T8 2x36	178	2	36	12816	Fluorescente T8 2x36	178	2	356	16	5696
Fluorescente T8 2x58	14	2	58	1624	Fluorescente T8 2x58	14	2	28	24	672
LED 4x8	39	4	8	1248	LED 4x8	39	4	156	8	1248
PANEL LED	19	1	33	627	PANEL LED	19	1	19	33	627

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.6.

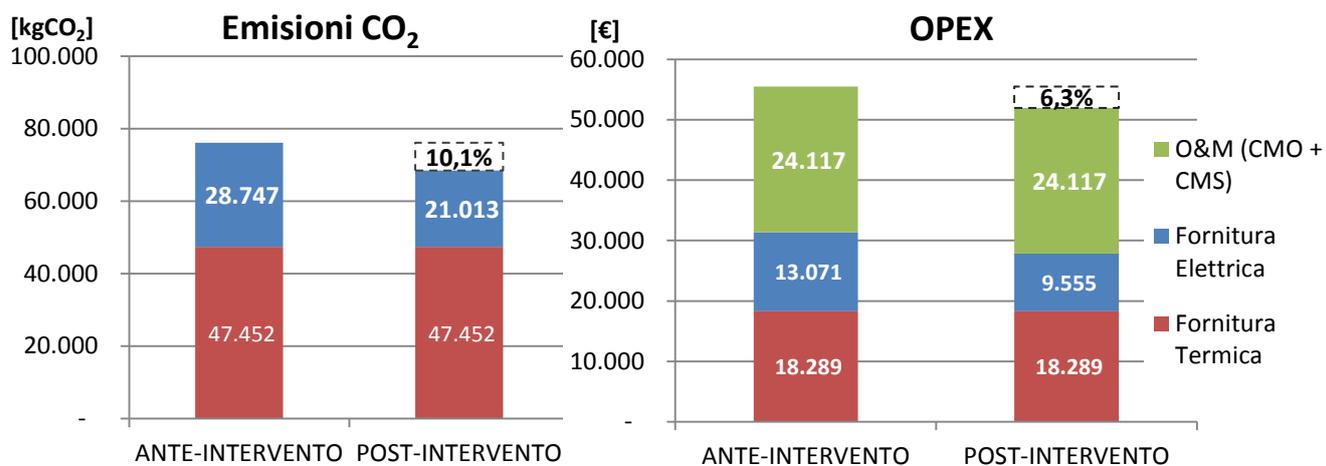
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Potenza lampade]	[kW]	20,6	10,2	-50,5%
Q _{teorico}	[kWh]	235.762	235.762	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	60.161	43.976	26,9%
Q _{baseline}	[kWh]	234.911	234.911	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	61.557	44.997	26,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	47.452	47.452	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.747	21.013	26,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	76.199	68.465	10,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	18.289	18.289	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.071	9.555	26,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	31.360	27.844	11,2%
C _{MO}	[€]	19.149	19.149	0,0%
C _{MS}	[€]	4.968	4.968	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	24.117	24.117	0,0%
OPEX	[€]	55.477	51.960	6,3%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

Nota (20) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.6 – 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: Coibentazione del sottotetto

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione del solaio sottotetto non abitabile dell'edificio, per mezzo di una stesura di rotoli in lana di vetro. L'intervento è stato calcolato con uno spessore dell'isolante pari a 14 cm e una conducibilità pari a 0,35 W/mk per raggiungere la trasmittanza limite richiesta per l'accesso al conto termico.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe dunque l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Isolamento copertura dall'interno (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 34 €/mq

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione solaio sottotetto

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE	IVA	TOTALE	
						(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)	
						[€]	[%]	[€]	
01.P09.B01.030	Feltri flessibili in lana di vetro per isolamenti termoacustici per isolamento termico di sottotetti, densità pari a 20 kg/m ³ e lambda pari 0,035 W/mK; con adeguata protezione di barriera al vapore; spessore mm 140	Prezzario Regione Piemonte	1011	m2	€ 6,49	€ 5,90	€ 5.965	22%	€ 7.277
02.P80.S05	Pulitura di superfici mediante l'uso di stracci e scopini al fine di togliere i residui facilmente asportabili	Prezzario Regione Piemonte	1011	m2	€ 1,96	€ 1,78	€ 1.801	22%	€ 2.198
20.A40.A10.020	FPO travi in abete sezioni da 8x10 a 10x20 cm per solai e tetti	Prezzario Regione Liguria	14	mc	€ 943,15	€ 857,41	€ 11.812	22%	€ 14.410
01.A09.G50.005	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato	Prezzario Regione Piemonte	1011	m2	€ 6,59	€ 5,99	€ 6.057	22%	€ 7.389
TOTALE PARZIALE LAVORI						€ 25.635	22%	€ 31.274	
Costi per la sicurezza						€ 769	22%	€ 938	
Costi progettazione (in % su importo lavori)						€ 1.794	22%	€ 2.189	
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 28.198	22%	€ 34.402	
Incentivi						[Conto termico]		€ 13.761	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 2.752,15	

EEM2: Installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori dell'edificio accoppiata ad un'elettropompa inverter per un uso più efficiente.

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:

Installazione di tecnologie di Building automation (art.4, c.1, lett.g)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 25 €/mq oppure 50.000€
- Costo unitario valutato per l'intervento: 3,55 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Regolazione impianto termico con valvole termostatiche

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
PR.C17. A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	99	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 3.187,80	22%	€ 3.889,12
PR.C47. H10.145	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
40.E10.A 10.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 88,49	22%	€ 107,96
PR.E40.B 05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
PR.C74.C 10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
RU.M01. E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	100	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 2.898,18	22%	€ 3.535,78
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 314,96	22%	€ 384,25
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 734,91	22%	€ 896,59
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 11.549	22%	€ 14.089
Incentivi		[Conto termico]							€ 5.635,70
Durata incentivi									5
Incentivo annuo									€ 1.127,14

EEM3: Ristrutturazione impianto termico uffici Polizia municipale

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella ristrutturazione del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto di riscaldamento e produzione di ACS.

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:

Installazione di tecnologie di Building automation (art.4, c.1, lett.c)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 160 €/kW oppure 3.000€
- Potenza caldaia da installare: 35 kW

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Ristrutturazione impianto termico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Rimozione generatore esistente Pn > 0 e Pn <= 35	CCIAA RE	2	cad	€ 776	€ 706	€ 1.411	22%	€ 1.722
PR.C84.C 05.490 Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 134	€ 122	€ 122	22%	€ 149
05.P01.A 02.010 Caldaia murale a condensazione per riscaldamento e acqua calda sanitaria con serbatoio di accumulo fino a 60 litri, di qualunque tipo, forma e dimensione completa di tutti gli accessori per garantire il corretto funzionamento a gas di qualunque tipo. Con accensione elettronica e controllo della fiamma a ionizzazione; pannello di comando della caldaia integrato, rendimento 4 stelle, classe NOx 5con esclusione del solo raccordo fumario. Potenza al focolare fino a 35 kW	Prezzario Regione Piemonte	1	cad	€ 1.975	€ 1.795	€ 1.795	22%	€ 2.190
PR.C17. A15.010 Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	13	cad	€ 35	€ 32	€ 419	22%	€ 511
PR.C47. H10.115 Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 1.916	€ 1.742	€ 1.742	22%	€ 2.126
40.E10.A 10.020 Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 50	€ 46	€ 46	22%	€ 56
PR.C76. A30.020 Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 21	€ 19	€ 19	22%	€ 23
PR.C76. A30.015 Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28	€ 26	€ 26	22%	€ 32
40.F10.H 10.030 Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 121	€ 110	€ 110	22%	€ 134
40.F10.H 10.040 Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 30	€ 27	€ 27	22%	€ 33
PR.C74.C 10.010 Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 147	€ 133	€ 133	22%	€ 163

E1637 – Scuola primaria e dell'infanzia "Spinola"

PR.C74.E 05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76	€ 70	€ 70	22%	€ 85	
RU.M01. A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34	€ 31	€ 469	22%	€ 572	
RU.M01. E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 32	€ 29	€ 1.159	22%	€ 1.414	
20.A15. B10.015	Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m ³ k m	€ 5	€ 4	€ 429	22%	€ 523	
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 239	22%	€ 292	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 558	22%	€ 681	
TOTALE (I₀ – EEM3)							€ 8.775	22%	€ 10.705	
Incentivi		[Conto termico]						€3.000		
Durata incentivi								€ 5		
Incentivo annuo								€ 600		

EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

Nella Tabella 9.10 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione delle lampade fluorescenti attualmente installate con lampade 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:

Installazione lampade LED (art.4, c.1, lett.f)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq oppure 70.000 €;
- Costo unitario valutato per l'intervento: 3,5 €/mq

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Retrofit illuminazione

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
1E.06.060. 0210.a	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 600 mm - flusso luminoso 825 lm potenza 10 w	Prezzario Milano	36	cad	€ 24	€ 21	€ 773	22%	€ 943
1E.06.060. 0210.c	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w	Prezzario Milano	265	cad	€ 35	€ 32	€ 8.357	22%	€ 10.196
1E.06.060. 0210.d	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 1500 mm - flusso luminoso 2065 lm potenza 24 w	Prezzario Milano	18	cad	€ 45	€ 41	€ 742	22%	€ 905

1E.06.060. 0040.b	Proiettore orientabile da esterno / interno idoneo per impianti sportivi. Prodotto in conformità alle norme EN 60598 CEI 34-21, grado di protezione in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e telaio in alluminio pressofuso con sistemi alettati di raffreddamento, diffusore in vetro temperato spessore 5 mm resistente agli shock termici ed agli urti, verniciatura a polvere poliestere resistente alla corrosione e alle nebbie saline, completo di staffa in acciaio inox con scala goniometrica orientabile zincata e verniciata - ottica ad alto rendimento con recuperatori di flusso: grado di protezione IP66-IK08 - equipaggiato con lampade led 4000K 12800 Lm potenza 94 w	Prezzari o Milano	1	cad	€ 525	€ 477	€ 477	22%	€ 582
TOTALE PARZIALE							€ 10.349	22%	€ 12.626
Costi per la sicurezza		-	3%	%		€ 310	22%	€ 379	
Costi progettazione (in % su importo lavori)		-	7%	%		€ 724	22%	€ 884	
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 11.384	22%	€ 13.888
Incentivi		Conto termico					€ 5.555		
Durata incentivi							€ 5		
Incentivo annuo							€ 1.111		

Nota (21) I costi delle lampade sono comprensivi di montaggio e smontaggio dell'esistente, compreso lo smaltimento

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: Coibentazione del solaio sottotetto

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione sottotetto

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	34.402
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.752
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	12,5	6,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,7	9,7
Valore attuale netto	VAN	13.115	25.367
Tasso interno di rendimento	TIR	7,1%	11,3%
Indice di profitto	IP	0,38	0,74

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

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

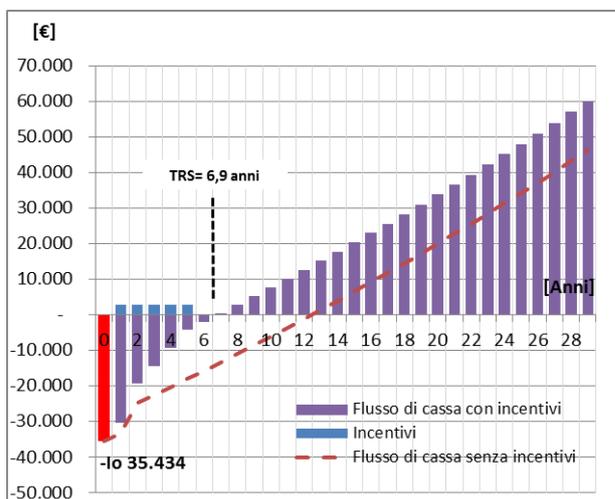
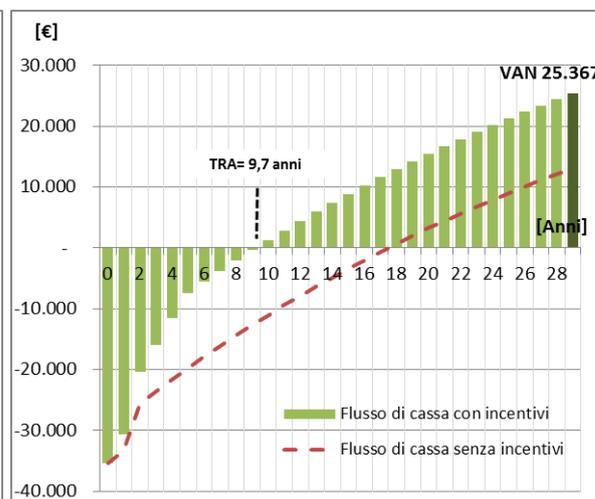


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un ritorno economico conveniente rispetto alla vita utile della soluzione, sia con che senza incentivi.

EEM2: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili scuola

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione interna pareti verticali

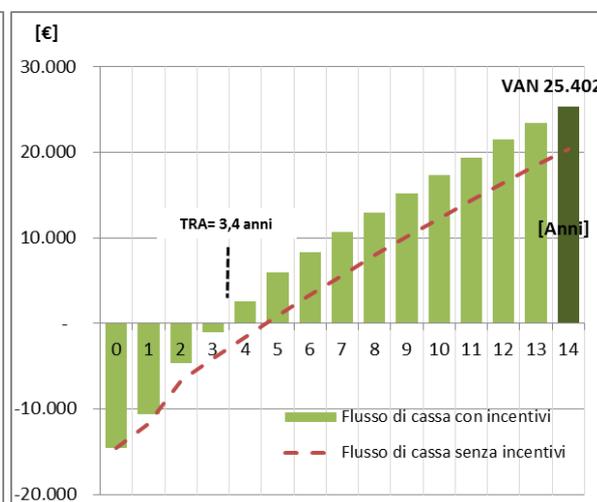
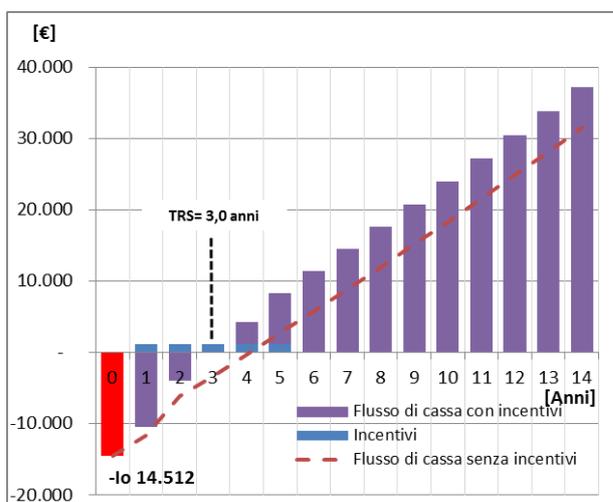
PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	14.089

Oneri Finanziari % _{lo}	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	1.127
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,2	3,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,7	3,4
Valore attuale netto	VAN	20.384	25.402
Tasso interno di rendimento	TIR	22,0%	28,5%
Indice di profitto	IP	1,45	1,80

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un ritorno economico conveniente rispetto alla sua vita utile con e senza incentivi.

EEM3: Ristrutturazione impianto termico polizia municipale

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Ristrutturazione impianto termico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€	10.705
Oneri Finanziari % _{lo}	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	600
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,5	2,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,8	3,2
Valore attuale netto	VAN	20.537	23.208
Tasso interno di rendimento	TIR	26,8%	31,3%
Indice di profitto	IP	1,92	2,17

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

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

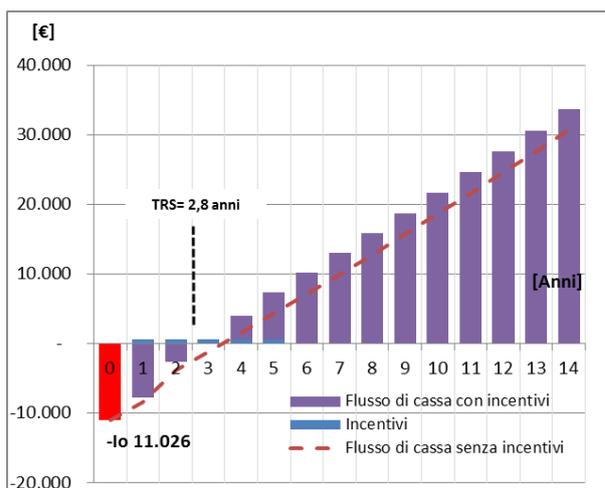
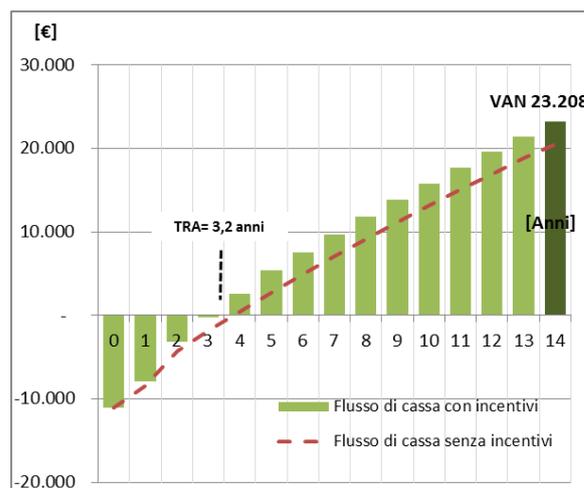


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un ottimo ritorno economico rispetto alla vita utile delle apparecchiature installate, sia senza che con incentivo.

EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Luci a LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	l ₀	€	13.888
Oneri Finanziari %l 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	812
Durata incentivo	n _B	anni	5

Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,0	3,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,6	3,6
Valore attuale netto	VAN	21.102	24.717
Tasso interno di rendimento	TIR	22,7%	27,4%
Indice di profitto	IP	1,52	1,78

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

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

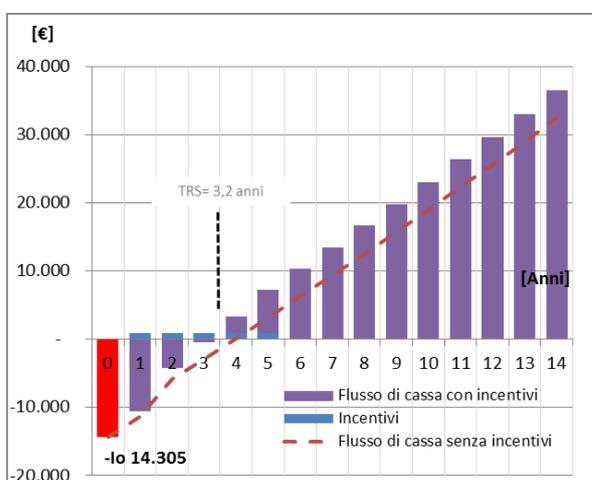
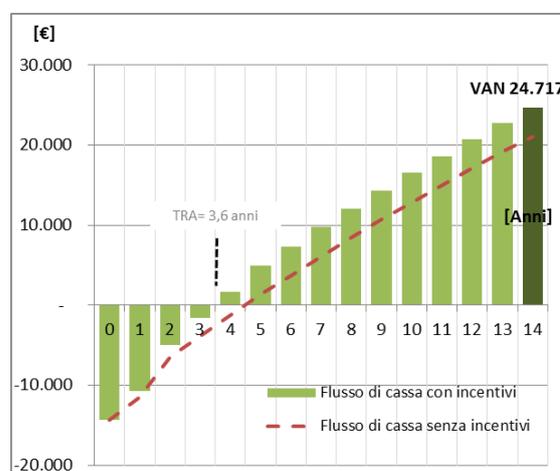


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un buon ritorno economico rispetto alla vita utile delle apparecchiature installate, sia senza che con incentivo.

Si noti che è stata adottata una vita utile delle lampade pari a 15 anni, derivante dal rapporto tra la durata in ore delle lampade LED (almeno 30.000 ore) e la stima di accensione annua delle luci nella scuola (circa 2.000 ore).

Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1: Sottotetto	11,3%	9,0%	2642	0	0	34402	12,5	17,7	30	13115	7,1%	0,38
EEM 2: Valvole termostatiche	14,7%	11,7%	3459	0	0	14089	4,2	4,7	15	20384	22,0%	1,45

EEM 3: Centrale termica VVUU	12,9%	10,6%	3164	0	0	10705	3,5	3,8	15	20537	26,8%	1,92
EEM 4: Corpi illuminanti	5,6%	10,1%	3517	0	0	13888	4,0	4,6	15	21102	22,7%	1,52

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che l'intervento sull'involucro ha tempi di ritorno più lunghi rispetto agli interventi impiantistici, ma comunque convenienti dal punto di vista costi-benefici.

Gli interventi sugli impianti hanno un ottimo rapporto costi-benefici, anche senza incentivi.

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

	CON INCENTIVI											
	$\% \Delta_E$	$\% \Delta_{CO_2}$	Δ_{CE}	Δ_{CMO}	Δ_{CMS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1: Sottotetto	11,3%	9,0%	2642	0	0	34402	6,9	9,7	30	25367	11,3%	0,74
EEM 2: Valvole termostatiche	14,7%	11,7%	3459	0	0	14089	3,0	3,4	15	25402	28,5%	1,80
EEM 3: Centrale termica VVUU	12,9%	10,6%	3164	0	0	10705	2,8	3,2	15	23208	31,3%	2,17
EEM 4: Corpi illuminanti	5,6%	10,1%	3517	0	0	13888	3,2	3,6	15	24717	27,4%	1,78

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie agli incentivi il tempo di ritorno semplice degli investimenti sull'involucro risulta molto conveniente rispetto alla sua vita utile, ma l'indice di profitto resta basso considerando i valori attualizzati. Gli interventi impiantistici risultano essere invece molto efficaci grazie agli incentivi, con tempi di ritorno attualizzati brevi rispetto alla loro vita utile.

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 proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del paramento di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

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

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

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

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

Il secondo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzione integrate che includono interventi sull'involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del primo 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: TRS<15 ANNI:** tale scenario consiste nella installazione di valvole termostatiche sui radiatori della scuola accompagnati dalla sostituzione del circolatore esistente con uno ad alta efficienza a giri variabili e la sostituzione delle lampade fluorescenti con apparecchi LED equivalenti.
- **Scenario 2: TRS<25 ANNI:** tale scenario consiste nella realizzazione di un isolamento del solaio sottotetto dell'edificio, l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori della scuola accompagnati dalla sostituzione del circolatore esistente con uno ad alta efficienza a giri variabili, la sostituzione dei generatori di produzione riscaldamento e ACS degli uffici e la sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

9.3.1 Scenario 1: TRS < 15 ANNI

La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM seguenti:

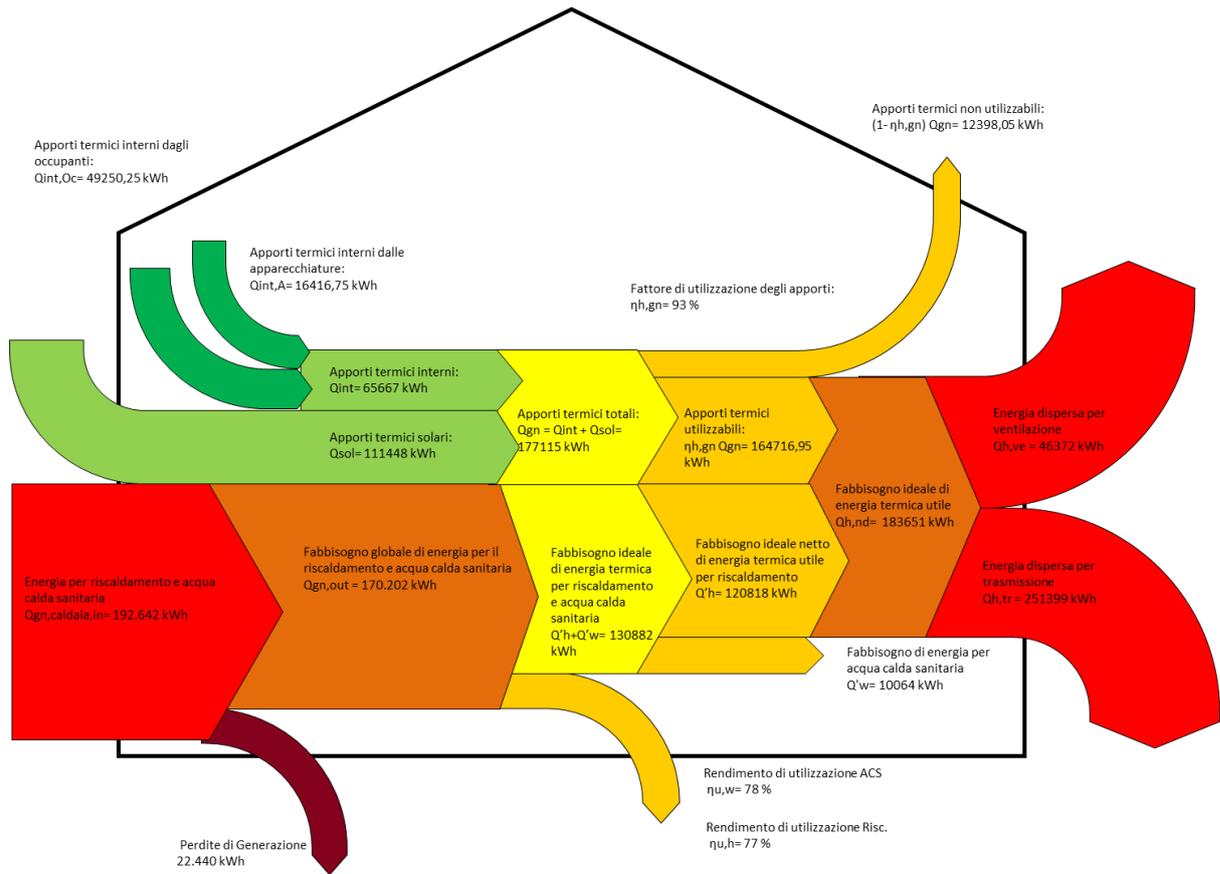
- installazione di valvole termostatiche sui radiatori della scuola accompagnati dalla sostituzione del circolatore esistente con uno ad alta efficienza a giri variabili;
- sostituzione corpi illuminanti con apparecchi ad alta efficienza.

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 FPO valvole termostatiche e pompa inverter	10499	2310	12808
EEM4 Illuminazione	10349	2277	12626
Costi per la sicurezza	625	138	763
Costi per la progettazione	1459	321	1780
TOTALE (I₀)	22932	5045	27977
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	0	0	0
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	11191	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		2238	

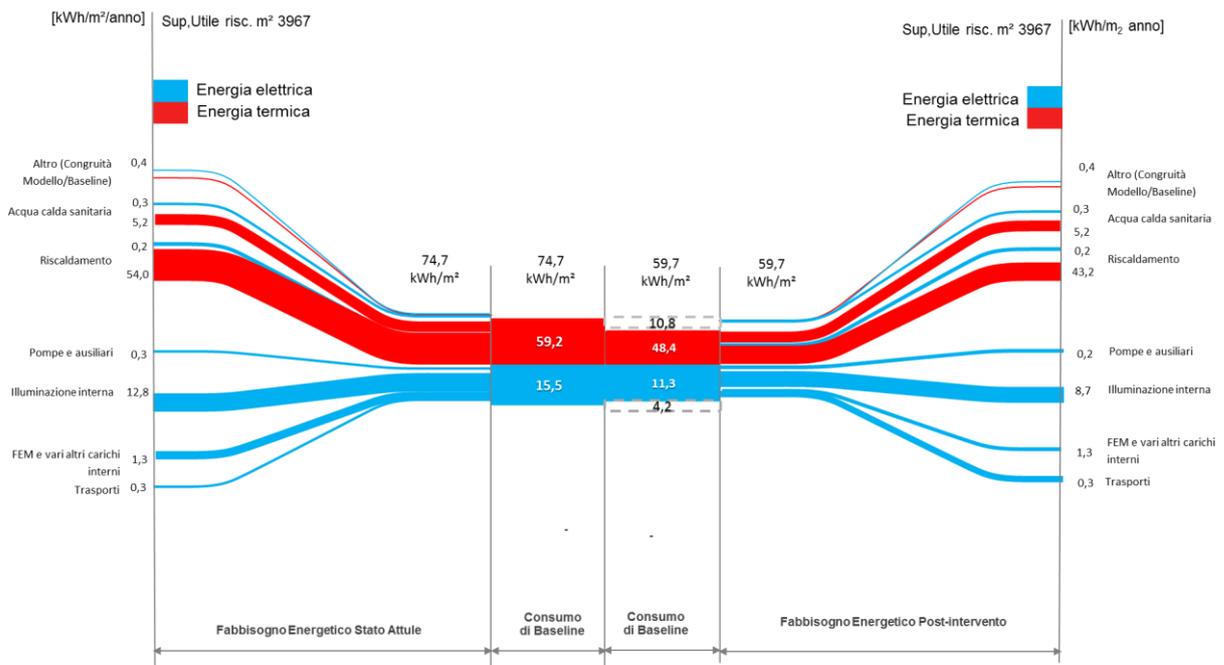
A seguito della modellazione dello scenario ottimale è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare migliori efficienze dell'impianto di riscaldamento grazie agli interventi di rgolazione.

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

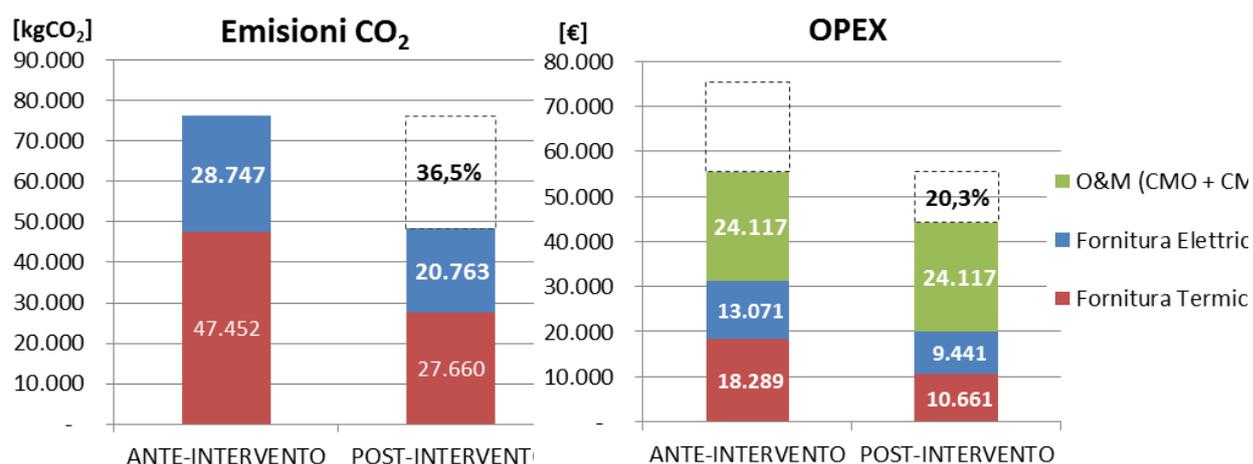


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11.

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – TRS <15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Rendimento di regolazione]	[%]	73,6	98	33,2%
EM4 [Potenza lampade]	[kW]	20,6	10,2	50,5%
Q _{teorico}	[kWh]	235.762	137.429	41,7%
EE _{teorico}	[kWh]	60.161	43.452	27,8%
Q _{baseline}	[kWh]	234.911	136.933	41,7%
EE _{baseline}	[kWh]	61.557	44.461	27,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	47.452	27.660	41,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.747	20.763	27,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	76.199	48.424	36,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	18.289	10.661	41,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.071	9.441	27,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	31.360	20.102	35,9%
C _{MO}	[€]	19.149	19.149	0,0%
C _{MS}	[€]	4.968	4.968	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	24.117	24.117	0,0%
OPEX	[€]	55.477	44.219	20,3%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

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



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari.

I risultati dell'analisi sono riportati nella

Tabella 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Nell'elaborazione del PEF non è stato possibile prevedere un margine di riduzione della spesa per la PA durante la gestione dell'investimento, resta comunque un buon margine alla fine del periodo.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– TRS<15 ANNI

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	5
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 27.977
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 839
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 28.816
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 23.053
Equity	I_E	€ 5.763
Fattore di annualità Debito	FA _D	4,55
Rata annua debito	q_D	€ 5.072
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 25.360
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 2.307

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 25.705
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 19.768
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 45.473
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	35,9%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	10,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.903
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 4.547
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 138.009
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 11.042
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	62,78%

Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 1.292
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 165
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 899
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 20.526
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 18.045
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 38.570
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 2.356
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 40.926
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 5.045
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 11.191
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	5,25
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	5,83
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 12.625
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	14,37%
Indice di Profitto	IP	45,13%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	3,17
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,98
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 8.843
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	38,51%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,142
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	2,164
Indice di Profitto Azionista	IP	31,61%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



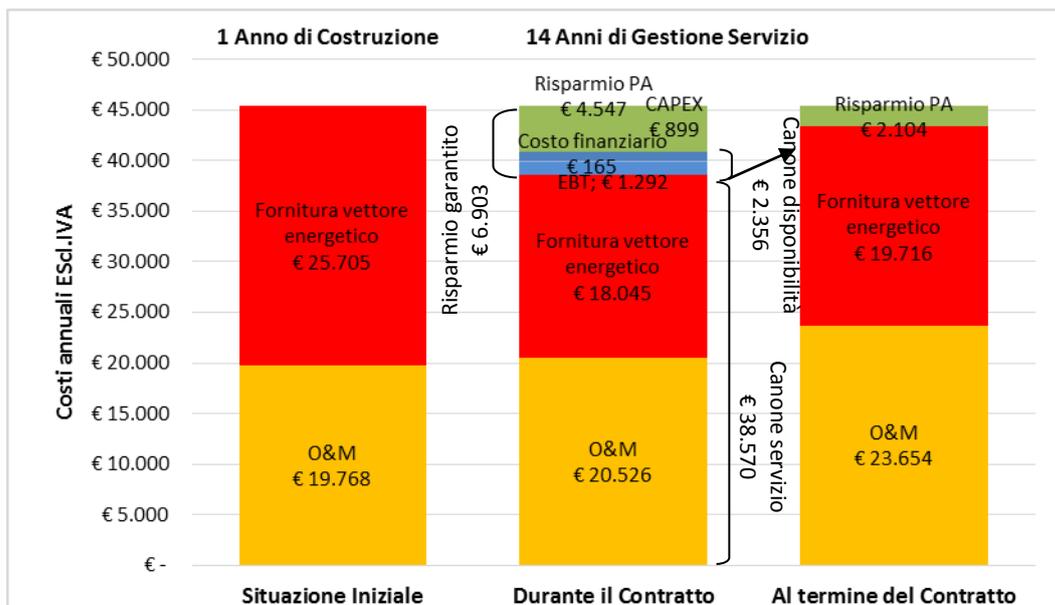
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che con le condizioni economico-finanziarie ipotizzate, gli interventi dello scenario risultano convenienti come investimento, sia per la PA che per un azionista esterno.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: TRS < 25 ANNI

La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM seguenti:

- isolamento del solaio sottotetto dell'edificio;
- installazione di valvole termostatiche sui radiatori della scuola accompagnati dalla sostituzione del circolatore esistente con uno ad alta efficienza a giri variabili;
- sostituzione dei generatori di produzione riscaldamento e ACS degli uffici;
- sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

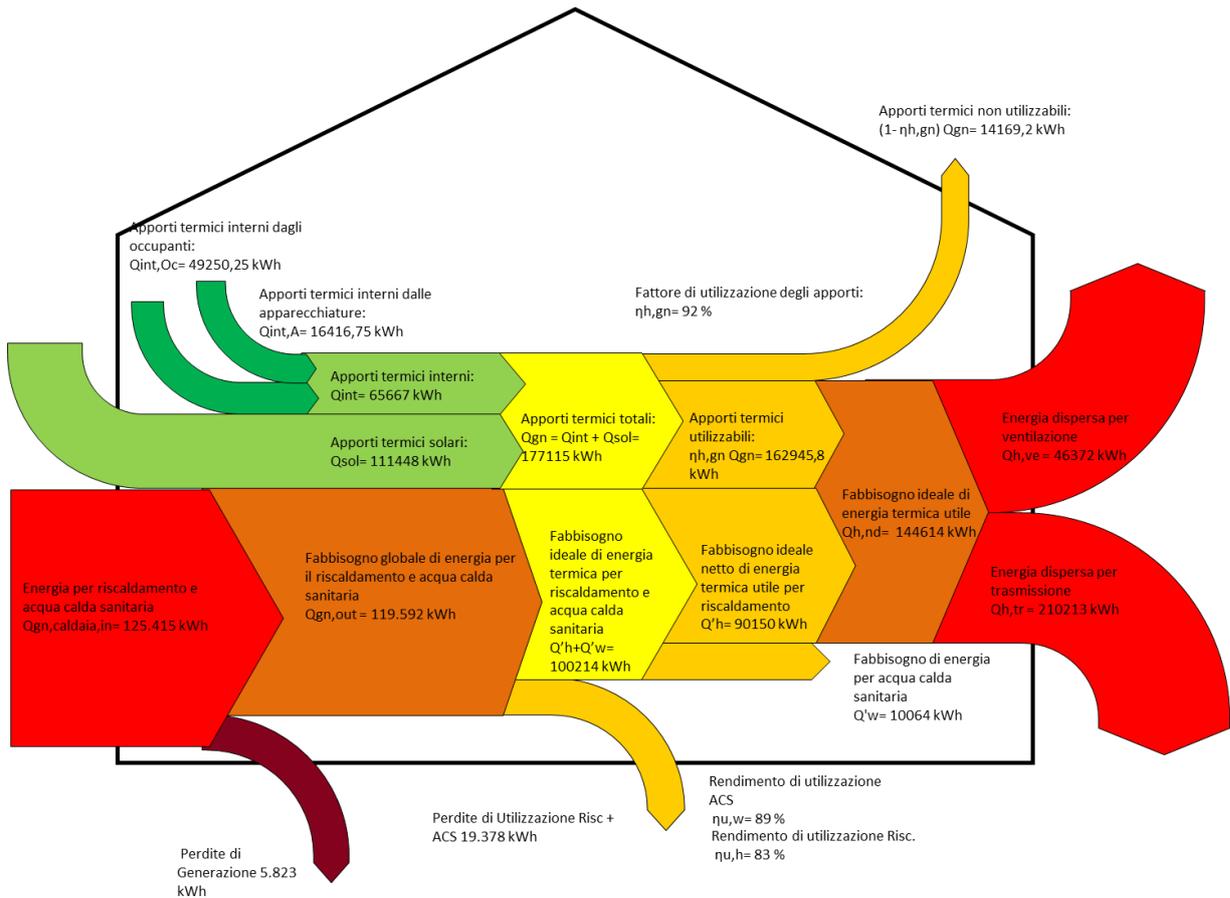
E' stata ipotizzata una riduzione del costo di manutenzione dell'impianto termico pari al 10% dovuto alla riduzione del numero di caldaie.

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Coibentazione sottotetto	25635	5640	31274
EEM2 FPO valvole termostatiche e pompa inverter	10499	2310	12808
EEM3 Ristrutturazione CT VVUU	7977	1755	9732
EEM4 Installazione luci LED	10349	2277	12626
Costi per la sicurezza	1634	359	1993
Costi per la progettazione	3812	839	4651
TOTALE (I₀)	59905	13179	73084
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo}	C _{Ms}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	17234	4471	21705
EEM4 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	17234	4471	21705
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	27952	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		5590	

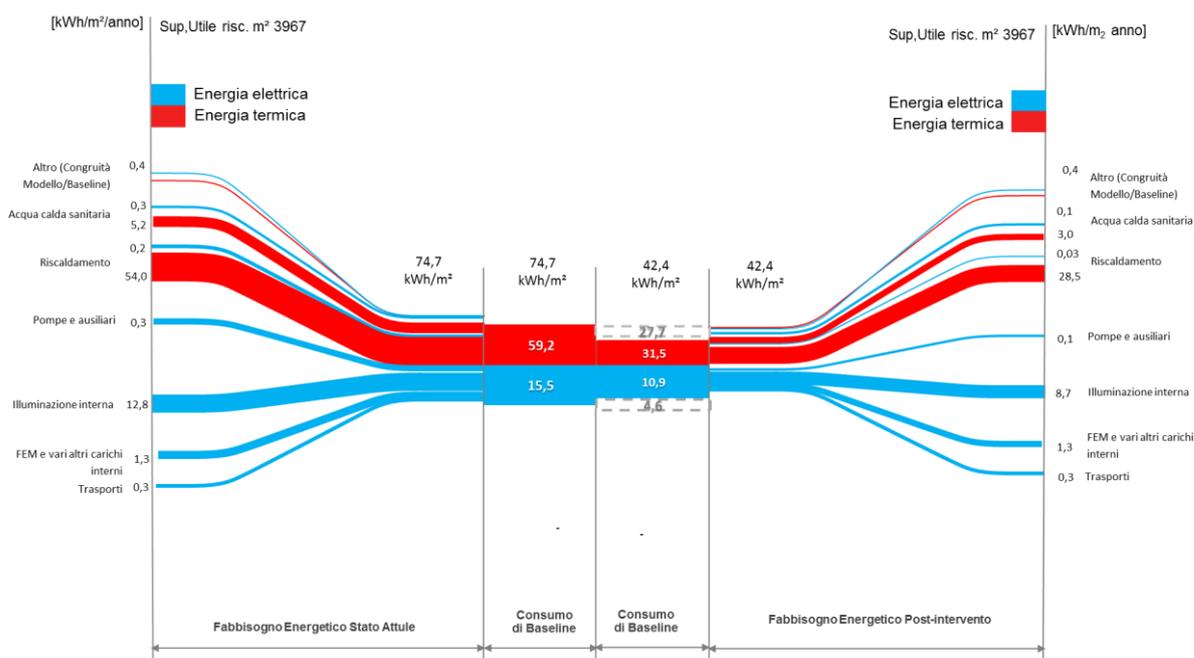
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che si ha una certa diminuzione delle perdite di calore attraverso l'involucro grazie all'isolamento del solaio sottotetto, di conseguenza una diminuzione del fabbisogno di energia termica per l'impianto, inoltre sono diminuite sostanzialmente le perdite di generazione e di utilizzazione grazie al maggiore rendimento di regolazione.

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



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

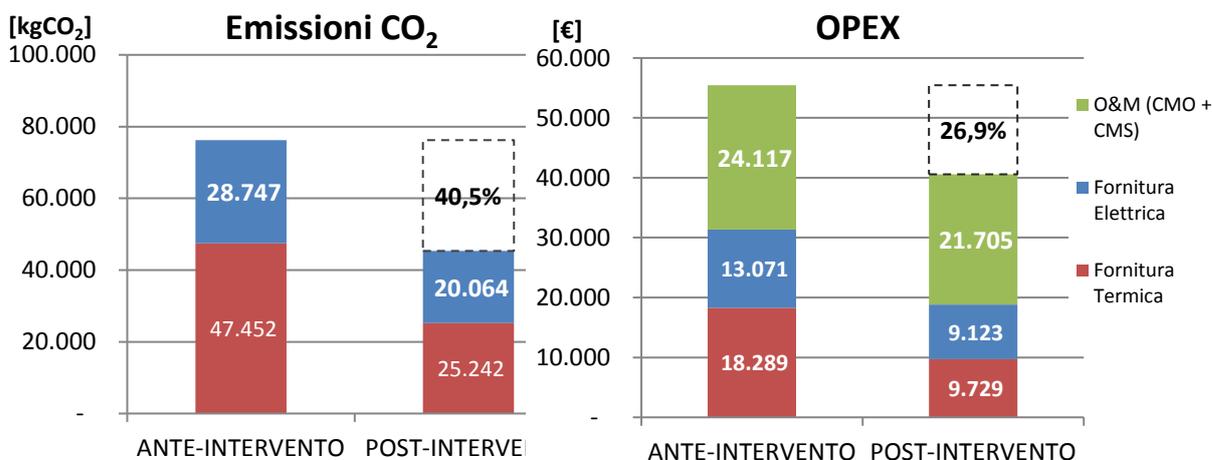
Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – TRS <25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza solaio]	[W/m ² K]	1,48	0,21	85,8%
EM2 [Rendimento di regolazione]	[%]	73,6	98	33,2%
EM3 [Rendimento di generazione]	[%]	81,3	96,4	18,6%
EM4 [Potenza lampade]	[kW]	20,6	10,2	50,5%
Q _{teorico}	[kWh]	235.762	125.415	46,8%
EE _{teorico}	[kWh]	60.161	41.990	30,2%
Q _{baseline}	[kWh]	234.911	124.962	46,8%
EE _{baseline}	[kWh]	61.557	42.965	30,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	47.452	25.242	46,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.747	20.064	30,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	76.199	45.307	40,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	18.289	9.729	46,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.071	9.123	30,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	31.360	18.852	39,9%
C _{MO}	[€]	19.149	17.234	10,0%
C _{MS}	[€]	4.968	4.471	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	24.117	21.705	10,0%
OPEX	[€]	55.477	40.557	26,9%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (23) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



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

Nell'elaborazione del PEF è stato possibile prevedere un margine di riduzione della spesa per la PA durante la gestione dell'investimento.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– TRS<25 ANNI

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 73.084
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.193
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 75.277
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 60.221
Equity	I_E	€ 15.055
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30

Rata annua debito	q_D	€	7.254
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	72.540
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	12.319

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	25.705
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	19.768
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	45.473
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		39,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		10,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	8.524
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	4.547
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	302.609
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	16.498
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		65,06%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	2.041
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	513
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.423
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	18.947
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	18.002
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	36.949
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	3.977
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	40.926
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	13.179
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	27.952
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		6,47
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		7,77
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	30.666
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		11,01%
Indice di Profitto	IP		41,96%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,31
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,61
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	20.542
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		48,04%
Debit Service Cover Ratio	DCSR > 1,3		1,324
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,657
Indice di Profitto Azionista	IP		28,11%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



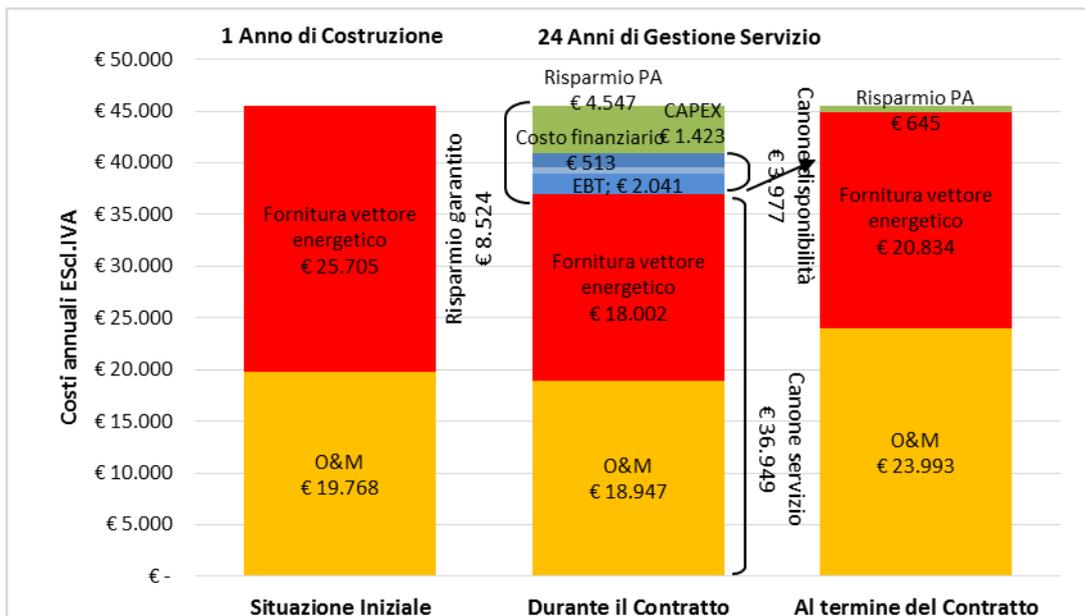
Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che con le condizioni economico-finanziarie ipotizzate, gli interventi dello scenario risultano convenienti come investimento, sia per la PA che per un'eventuale società d'investimento.

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

Figura 9.20 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract

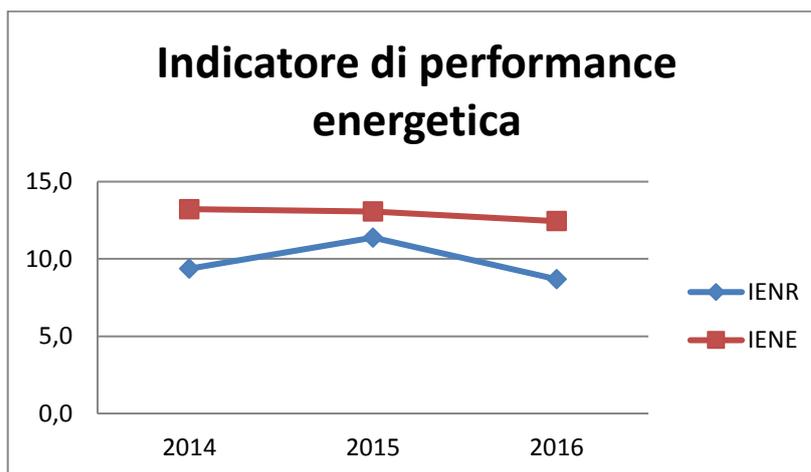


10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Nel presente documento sono stati individuate diverse tipologie di indici di performance energetica, tra cui IEN e ed IEN r, ricavati dal documento ENEA-FIRE "Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole" e gli indici calcolati secondo DM 26/06/2015.

Figura 10.1- Indicatori di performance energetica IEN



In riferimento al modello realizzato in funzionamento standard, così come richiesto per la redazione degli attestati di prestazione energetica, l'edificio oggetto di diagnosi risulta in classe energetica F, se confrontato con il relativo edificio di riferimento.

Nella seguente tabella sono riportati gli indicatori di prestazione energetica riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria non rinnovabile relativi allo stato di fatto e calcolati in condizioni standard.

Tabella 10.1 – Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – Stato di fatto

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	127,63	120,42
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	86,81	86,52
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	5,68	5,60
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	34,41	27,72
Trasporto di persone e cose	EP _r	kWh/mq anno	0,73	0,59
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	25	

Nelle Tabella 10.2 e Tabella 10.3 sono invece riportati gli indici di prestazione energetica ricavati a seguito della valutazione dei 2 scenari di intervento descritti sopra.

Tabella 10.2– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN1

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	98,82	93,45

Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	66,95	66,76
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	5,68	5,60
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	25,45	20,51
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,73	0,59
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	19	

Tabella 10.3– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN2

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	77,47	72,26
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	48,33	48,21
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	2,96	2,96
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	25,45	20,51
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,73	0,59
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	15,23	

Nelle tabelle precedenti si possono vedere in dettaglio i risultati sugli indicatori di prestazione energetica calcolati in modalità di funzionamento standard, che determinano il miglioramento delle classi energetiche a seconda che venga attuato rispettivamente lo scenario 1 e lo scenario 2 e che sono riassunte di seguito.

Tabella 10.4- Comparazione Classi energetiche dello SdF e degli Scenari calcolati in modalità standard (APE)

Descrizione	Cat. DPR 412	Sup. netta [mq]	Volume lordo [mc]	E _{pgl,nren}	U.M.	Classe energetica	Miglioramento
Stato di Fatto				120,4	kWh/m ² anno	F	-
Scenario 1 TRS<15anni	E.7/E.2	3.967	22.655	93,45	kWh/m ² anno	E	+1 classe
Scenario 2 TRS<25anni				72,26	kWh/m ² anno	D	+2 classi

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

A seguito dell'individuazione dei possibili interventi di efficientamento energetico, sono state proposte due soluzioni progettuali, SCN1 ed SCN2 con tempi di ritorno semplice rispettivamente minore di 15 e 25 anni, comprendenti i seguenti interventi:

- **Scenario 1: SCN1** – installazione di valvole termostatiche sui radiatori della scuola accompagnati dalla sostituzione del circolatore esistente con uno ad alta efficienza a giri variabili ed efficientamento dell'illuminazione con installazione di apparecchi LED
- **Scenario 2: SCN2** – realizzazione di isolamento del solaio sottotetto dell'edificio, l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori della scuola accompagnati dalla sostituzione del circolatore

esistente con uno ad alta efficienza a giri variabili, la sostituzione dei generatori di produzione riscaldamento e ACS degli uffici e la sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED..

Di seguito si riportano la riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ nelle due ipotesi adottate.

Figura 10.2 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

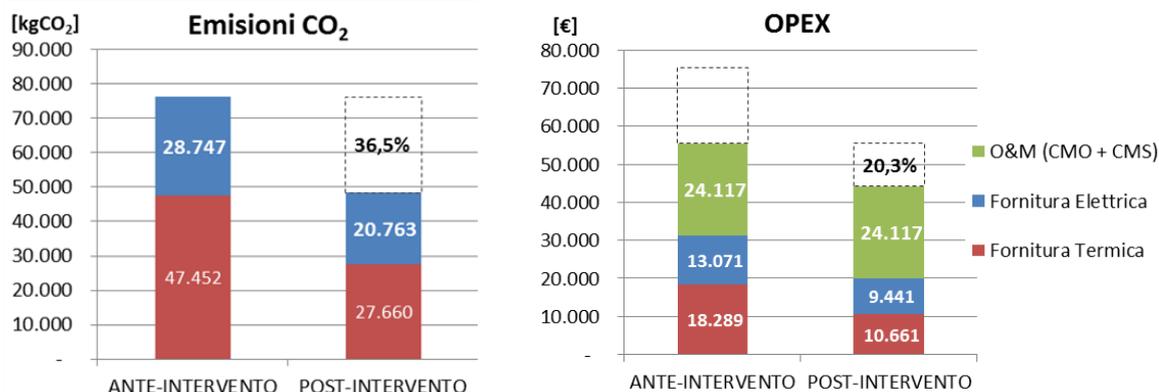
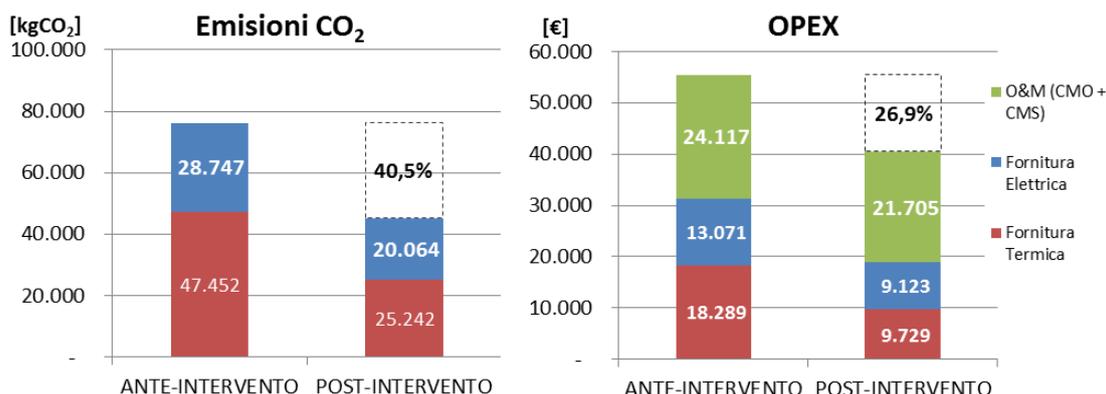


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull'edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque buoni risultati sia in termini di riduzione delle emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia. Solo il secondo scenario permette il salto di due classi energetiche come richiesto dal Fondo Kyoto per l'accesso ai finanziamenti.

L'edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un buon margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sugli impianti.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi relativi alle coibentazioni degli involucri edilizi con l'intervento di generazione e regolazione dell'impianto termico.

Le proposte presentate possono essere realizzate con un unico cantiere nel periodo di chiusura estiva della scuola, al fine di non creare interferenze o disturbi alle normali lezioni. Gli interventi di installazione delle valvole termostatiche e la sostituzione del circolatore esistente con uno a inverter deve avvenire fuori dal periodo di riscaldamento, poiché i lavori richiedono una momentanea interruzione del funzionamento dell'impianto termico. Lo stesso vale per la ristrutturazione dell'impianto termico della zona termica 2.

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l'edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell'energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l'installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sul quadro elettrico generale; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l'installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, estrattore, etc), consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell'energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura. Essendo i consumi termici più rilevanti dovuti alla sola climatizzazione invernale, sarebbe sufficiente l'installazione di un sistema di contabilizzazione del calore composto da un misuratore di portata e da una coppia di sonde di temperatura. In questo modo sarebbe possibile confrontare il consumo di gas naturale derivante dalle letture al contatore con la produzione di energia termica generata in centrale. Per entrambe le soluzioni di misura dei fabbisogni energetici esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

10.3 RACCOMANDAZIONI

Di seguito sono riportate le raccomandazioni e le buone pratiche per il miglioramento dell'efficienza energetica, a completamento del lavoro di diagnosi energetica eseguito, che comprendono vari aspetti relativi l'edificio: dall'utilizzo della struttura fatta dagli utenti, alle modalità di utilizzo delle apparecchiature elettriche, all'illuminazione, agli aspetti gestionali e di formazione.

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	<p>In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.</p> <p>Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.</p>
Apparecchiature elettriche	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.	<p>Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell'edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell'uscita del personale o programmare adeguatamente il temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l'alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all'interno dell'edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l'uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Climatizzazione		dovuti al suo consumo in modalità stand-by.
	Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.	Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.
	Corretta regolazione delle centraline climatiche	Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche. Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter personalizzare gli orari di funzionamento e le temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.
	Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.	Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell'ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell'aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.
	Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.	In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l'eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.
Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.	L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno.	
Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.	Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.	

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.	<p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l'impianto termico 30-60 minuti prima dell'uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.</p>
Formazione del personale	Eseguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.	<p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p> <p>Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.</p>
Illuminazione	<p>Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.</p>

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in discrete condizioni, almeno per quanto riguarda le aree utilizzate della struttura. Dall'intervista eseguita agli operatori della scuola non sono emerse particolari criticità relative all'impianto termico o all'involucro edilizio se non per le prime ore del lunedì mattina in cui l'impianto termico impiega più tempo per arrivare in temperatura.

La struttura risale alla fine del secolo scorso, probabilmente con qualche ristrutturazione successiva, gli infissi sono stati sostituiti circa 10 anni fa, motivo per cui non risulta conveniente la loro sostituzione.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni.



E' stato possibile individuare un certo numero di interventi volti a ridurre il fabbisogno di energia avendo l'edificio buoni margini di miglioramento. Tuttavia gli interventi proposti sono soprattutto di tipo impiantistico, in quanto il vincolo architettonico sull'edificio non permette operazioni invadenti sull'involucro edilizio.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco fatture energia elettrica		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoA-Elenco fatture EE
Elenco fatture gas		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoA-Elenco fatture gas
Elenco documenti forniti dalla committenza		DE_Lotto.1_E1637_revB-AllegatoA-Elenco doc committenza

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Planimetrie ubicazione impianti, contatori, zone termiche, misure, etc.		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoB-Planimetrie
Dettaglio calcoli		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoB-Grafici_Template
Analisi consumi EE		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoB-Analisi consumi EE
Analisi consumi gas		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoB-Analisi consumi gas
Schema a blocchi impianto elettrico		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoB-Schema a blocchi elettrico
Schema impianto termico		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoB-Schema impianto termico
Visura catastale		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoB-Visura catastale
Planimetria catastale		DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoB-Planimetria catastale



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Relazione analisi termografica		DE_Lotto.1_E1637_revA-AllegatoC-Report termografico



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche e strumentali		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoD-Report strumentali



ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo modellazione		DE_Lotto.1_E1637-revB-AllegatoE-Relazione dettaglio calcoli



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione CTI Edilclima		DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoF-CertCTI



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Stato di Fatto		DE_Lotto.1_E1637_revB-AllegatoG-APE SDF



ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Scenario 15 anni		DE_Lotto.1_E1637_revB-AllegatoH-APE SCN1
Bozza APE Scenario 25 anni		DE_Lotto.1_E1637_revB-AllegatoH-APE SCN2



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici reali - stazione meteo		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoI-GG reali



ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede Audit Livello II AICARR		DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoJ-Schede Audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
A3.4 - Partizioni orizzontali - isolamento all'intradosso della copertura		DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoK-A3.4_isolamento intradosso copertura
H2 – Sostituzione di generatore obsoleto con altro a condensazione		DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoK-H2_Sostituzione generatore
H15 - Installazione di pompe a portata variabile		DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoK-H15_Pompe inverter
H16 - Installazione valvole termostatiche		DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoK-H16_valvole termostatiche
L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza		DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoK-L1_Illuminazione

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario due scenari		DE_Lotto.1_E1637_revB-AllegatoL-AnalisiPEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark		DE_Lotto.1-E1637_revA-Allegato M_Benchmark



ALLEGATO N – CD-ROM

[Allegare CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.]