

SCUOLA PRIMARIA "MARIA MAZZINI"

E1668

Corso Firenze, 1-3 – 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 “MAZZINI”

E1668

Corso Firenze, 1 – 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	18/06/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Prima pubblicazione
B	03/08/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Prima revisione

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	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	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	13
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.....	20
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	20
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	21
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	22
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	24
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	25
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	25
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	26
5 CONSUMI RILEVATI	28
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	28
5.1.1 <i>Energia termica</i>	28
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	32
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	36
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	40
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	40
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	41
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	42
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	42
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	46
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	46



7.1.1	Vettore termico.....	46
7.1.2	Vettore elettrico.....	50
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	53
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	54
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	55
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	56
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	56
8.1.1	Involucro edilizio	56
	EEM1: COIBENTAZIONE COPERTURA DA ESTERNO	56
	EEM2: CAPPOTTO INTERNO PIANO TERZO E PARETI SOTTOFINESTRA	58
8.1.2	Impianto riscaldamento.....	59
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI PER LA SCUOLA	59
	INTERVENTO CONSIGLIATO: ESPULSIONE DELL'ARIA DELLE TUBAZIONI DELL'IMPIANTO.....	61
8.1.3	Impianto di illuminazione ed impianto elettrico	63
	EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	63
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	66
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	66
	EEM1: COIBENTAZIONE DEL SOLAIO DI COPERTURA.....	66
	EEM2: ISOLAMENTO PARETI P3 CON CAPPOTTO INTERNO	67
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	68
	EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	69
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	70
	EEM1: COIBENTAZIONE DEL SOLAIO DI COPERTURA.....	71
	EEM2: ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO INTERNO	72
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	73
	EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	75
	SINTESI	76
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	77
9.3.1	Scenario 1: TRS < 15 ANNI	80
9.3.2	Scenario 2: TRS < 25 ANNI	86
10	CONCLUSIONI	92
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	92
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	94
10.3	RACCOMANDAZIONI	95
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	98
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.... ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
	ALLEGATO B – ELABORATI ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
ALLEGATO N – CD-ROM	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

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		1892
Anno di ristrutturazione		Sopraelevazione P3 anni '60 Ristrutturazione parziale P-1 c.ca 2015 Caldaia a metano 2015 Serramenti c.ca 2004-2008
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso (da DPR 412/93)		E.7 (Scuole)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.563
Superficie disperdente (S)	[m ²]	6.725
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	22.563
Rapporto S/V	[1/m]	0,30
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.879
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	528
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	5.407
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	771
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Caldaia murale a gas metano 5 boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	66,6
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	181.876
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	14.288
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	64.068
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.431

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione estradosso del solaio di copertura
- EEM 2: Cappotto interno pareti del piano terzo e sottofinestra
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione lampade con apparecchi LED
- SCN 1: Installazione di valvole termostatiche sui radiatori e pompa inverter, Illuminazione con apparecchi LED
- SCN 2: Coibentazione interna pareti, installazione di valvole termostatiche sui radiatori e pompa inverter, e sostituzione delle lampade esistenti con apparecchi 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_{M_o}	ΔC_{M_s}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	€/anno	€/anno	€/anno	€	anni	anni	anni	€	[%]	[-]		
EEM 1: Copertura	6,2%	4,7%	1216	0	0	64958	25	37,4	30	-13229	0,9%	-0,20	n/a	n/a
EEM 2: Cappotto	8,2%	6,2%	1624	0	0	58328	18	31,7	30	-3255	3,3%	-0,06	n/a	n/a
EEM 3: Valvole termostatiche	10,0%	7,7%	2021	0	0	8821	3,2	3,6	15	14548	26,8%	1,65	n/a	n/a
EEM 4: Corpi illuminanti	8,0%	13,8%	4143	0	0	41290	5,6	6,9	15	18046	11,7%	0,44	n/a	n/a
SCN 1 (TRS<15 ANNI) ⁽¹⁾	18,0%	21,6%	6164	0	0	50112	8,2	9,9	15	2627	14,3%	0,0524	1,057	1,475
SCN 2 (TRS<25 ANNI) ⁽¹⁾	25,2%	27,1%	7608	0	0	108439	13	15,2	25	-650	10,1%	-0,006	1,053	0,463

Nota(1): I dati economico-finanziari degli scenari sono riferiti ad un contratto EPC tramite ESCO

Figura 0.1– Scenario 1: analisi finanziaria

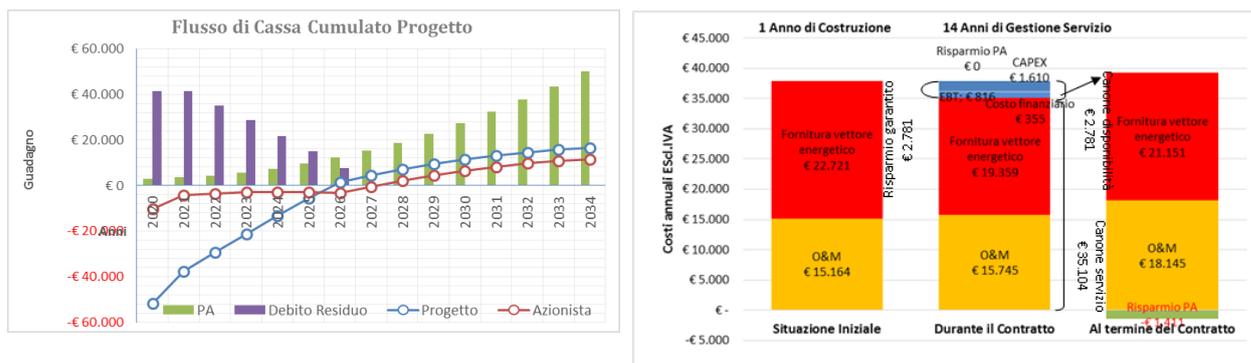
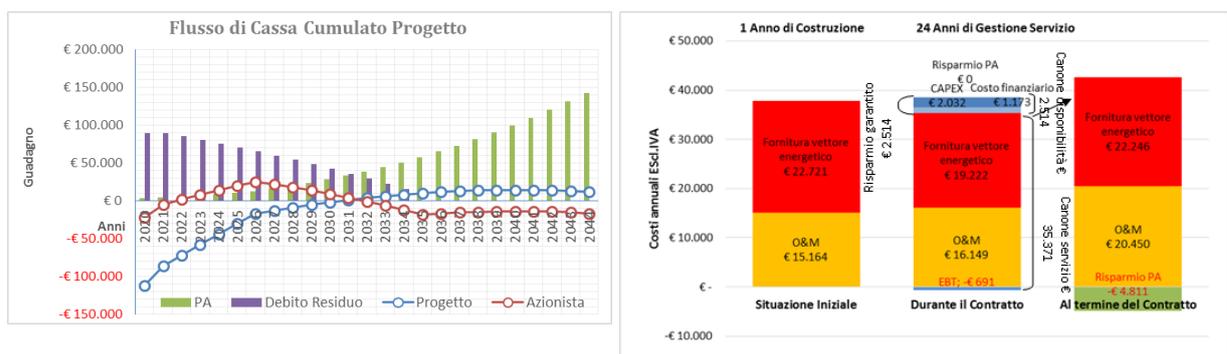


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L'edificio oggetto di diagnosi risale alla fine dell'ottocento, ed ha subito qualche ristrutturazione nel corso degli anni, tra cui la sopraelevazione del terzo piano negli anni '60 secondo quanto comunicato dal personale della struttura, la parziale sostituzione degli infissi nel 2004 e 2008 e la sostituzione della caldaia nel 2015 passando da gasolio a metano. Dai risultati della modellazione energetica risulta che l'edificio è classificato in classe E 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, risultino 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 dal punto di vista energetico ma il secondo scenario non risulta sostenibile dal punto di vista finanziario. Entrambi gli scenari non consentono un aumento di due classi energetiche dell'edificio, richiesto dal Fondo Kyoto per l'accesso ai finanziamenti, in quanto l'edificio di riferimento per norma utilizza le stesse potenze dell'impianto di illuminazione dello stato di fatto, ridistribuendo così le classi energetiche secondo i nuovi Ep. Nonostante ciò, in valore assoluto, l'indice di prestazione globale non rinnovabile (E_{pgl,nren}) registra discreti miglioramenti per i due scenari considerati.

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 principale esposta a Ovest



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
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. 12 Mapp. 438 Sub. 1, 2 e 3 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Castelletto, con entrata principale in Corso Firenze 1.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola primaria con servizio interno di preparazione pasti. Il sub 2 è relativo alla ex casa del custode, che ha utenze distaccate dal resto dell'edificio, per cui non verrà considerato nella valutazione energetica.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1892
Anno di ristrutturazione		Sopraelevazione P3 anni '60 Ristrutturazione parziale P-1 c, ca 2015 Caldaia a metano 2015 Serramenti c.ca 2004-2008
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 (Scuole)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.563
Superficie disperdente (S)	[m ²]	6.725
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	22.563
Rapporto S/V	[1/m]	0,30
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.958
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.879
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	528

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	5.407
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	771
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Caldaia murale a gas metano 5 boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	66,6
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{gas} /anno]	181.876
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	14.288
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	64.068
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.431

Nota (1): Valori di Baseline

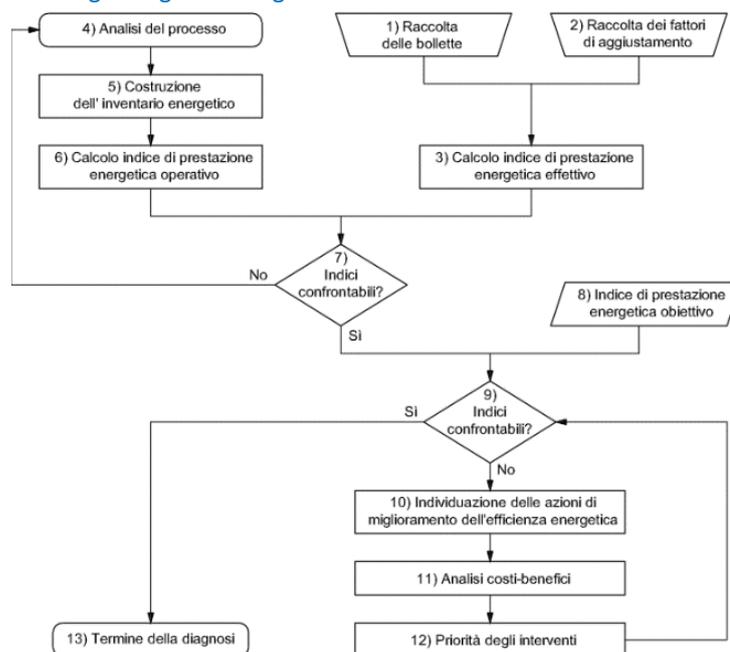
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errorre. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 13/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) 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;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo del Centro Funzionale di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di 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%;

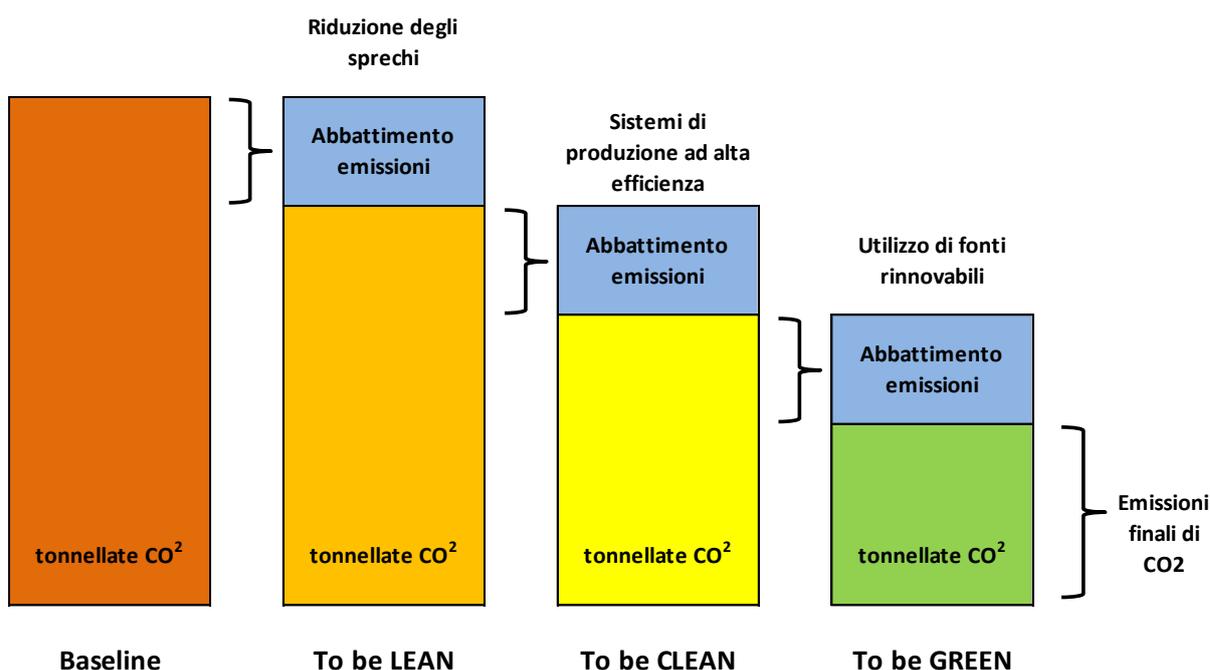
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione 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 inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

2 DATI DELL'EDIFICIO

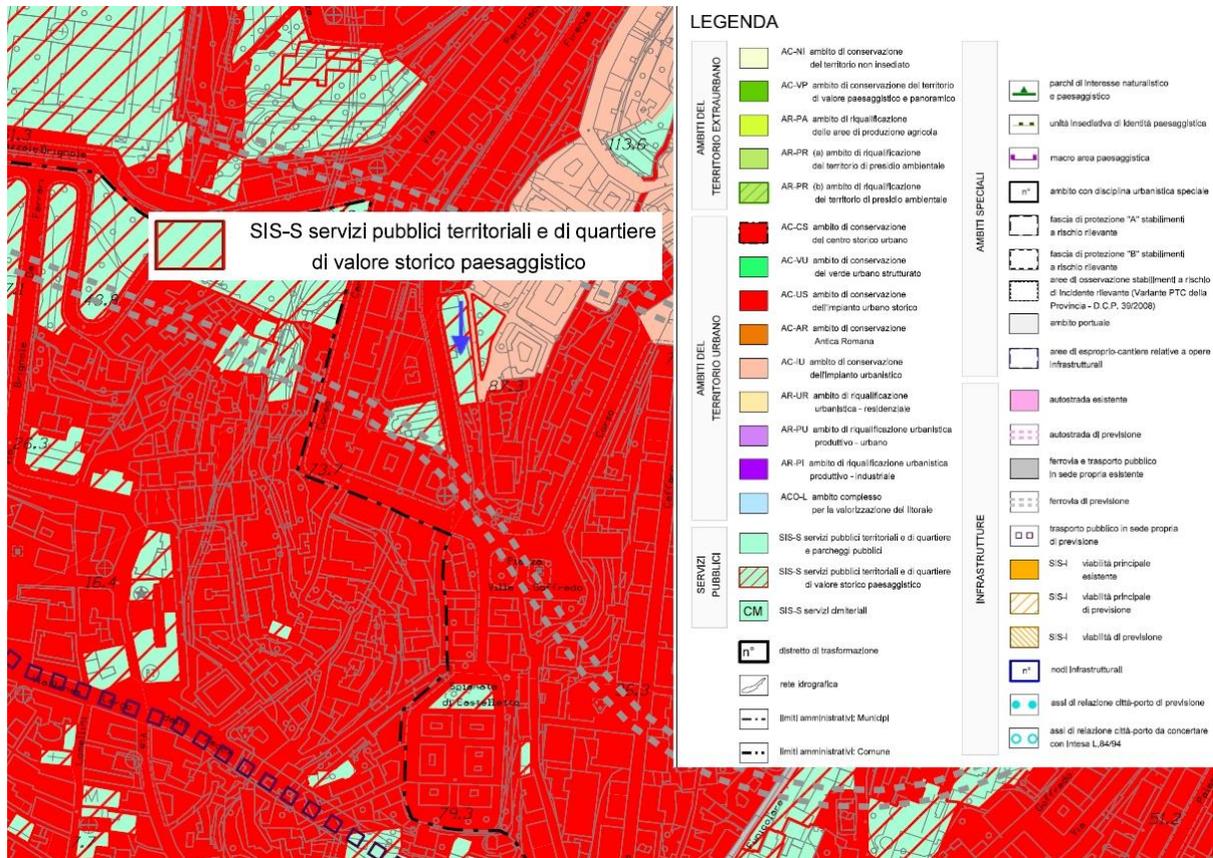
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

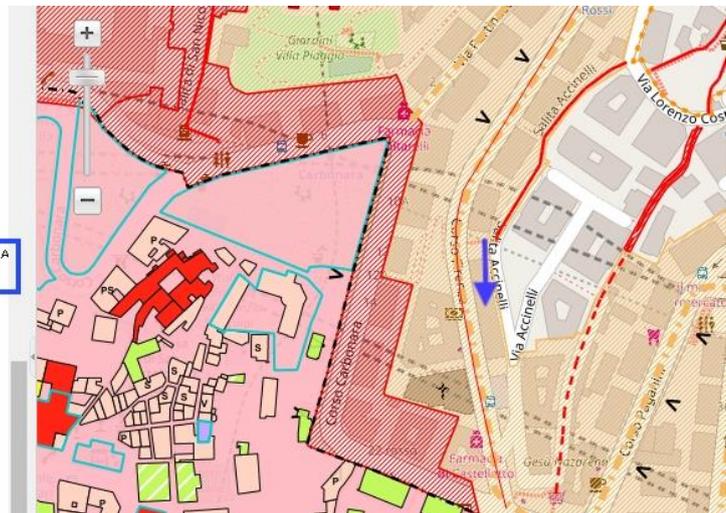
Al *Livello Paesaggistico Puntuale* del PUC, l'edificio si trova all'interno della *Struttura Urbana Qualificata*, nell'*Ambito del Paesaggio urbano strutturato della città moderna*, caratterizzato dai moderni processi di trasformazione urbanistica, testimone delle politiche evolutive, economiche e

sociali di sviluppo della città, e risulta meritevole di tutela a testimonianza dell'evoluzione della società e della sua cultura.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



- Livello Paes. Puntuale - ELEMENTI AREALI
-  CORSO D'ACQUA
 -  UNITA INSEDIATIVA DI IDENTITA PAESAGGISTICA
 -  CENTRO STORICO
 -  ANTICA ROMANA
 -  AREA DI RISPETTO DELLE EMERGENZE PAESAGGISTICHE
 -  PARCO GIARDINO VERDE STRUTTURATO
 - ETICHETTA
 -  AMBITO DEL PAESAGGIO URBANO STRUTTURATO ANTICO
 -  AMBITO DEL PAESAGGIO URBANO STRUTTURATO CITTA MODERNA
 -  STRUTTURA URBANA QUALIFICATA
 -  AMBITO DI PAESAGGIO COSTIERO
 -  AMBITO DI PAESAGGIO COSTIERO - ARCO COSTIERO
 -  LUOGO DI IDENTITA PAESAGGISTICA
 -  PAESAGGIO AGRARIO
 -  VISIBILITA DEI LUOGHI - PANORAMICITA VISUALI
 -  PARCO DI INTERESSE NATURALISTICO E PAESAGGISTICO
 -  MACROAREA
 -  UNITA INSEDIATIVA DI IDENTITA PAESAGGISTICA
 -  ACQUEDOTTO FASCIA DI RISPETTO - TRACCIATO CERTO



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

L'edificio scolastico denominato "Maria Mazzini" risale al periodo di fine '800 e non sembra aver subito sostanziali modifiche nel corso degli anni.

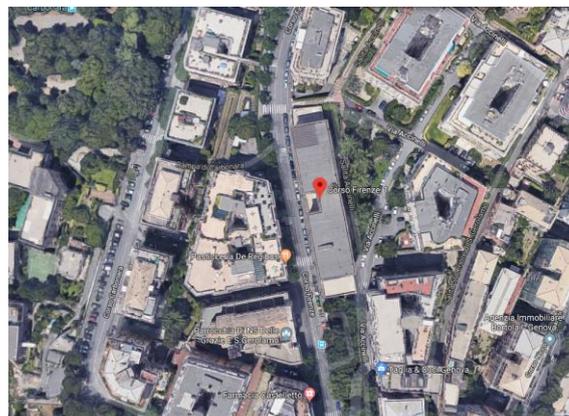
Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche di ogni genere e grado.

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 Corso Firenze e presenta una struttura con sviluppo in linea lungo la strada. L'asse planimetrico è in direzione nord-sud, così che le maggiori esposizioni dei locali sono rivolte a est ed ovest

L'edificio è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra e un seminterrato, con struttura portante in muratura e pietrame intonacata, copertura piana non praticabile, finiture marcapiano aggettanti ed altri elementi decorativi sugli ingressi. L'edificio è occupato dalla scuola primaria che fa parte dell'Istituto Comprensivo Castelletto e ospita anche una sezione a didattica differenziata "Metodo Montessori". Il piano seminterrato è stato recentemente ristrutturato per ospitare una cucina/refettorio di un'altra scuola ma non risulta ancora utilizzato. Al momento del sopralluogo il riscaldamento era comunque funzionante.

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



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.

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽²⁾
Seminterrato	Nuova mensa, archivi non riscaldati, Centrale termica	[m ²]	910	248	0
Terra	Ingresso, teatro, servizi igienici, cucina, refettorio, palestre	[m ²]	1.185	922	0
Primo	Aule scuola, uffici, servizi	[m ²]	928	796	0
Secondo	Aule scuola primaria, servizi	[m ²]	928	746	0
Terzo	Aule scuola primaria, servizi	[m ²]	928	850	0
TOTALE		[m ²]	4.879	3.563	0

Nota (1): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (2): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico.

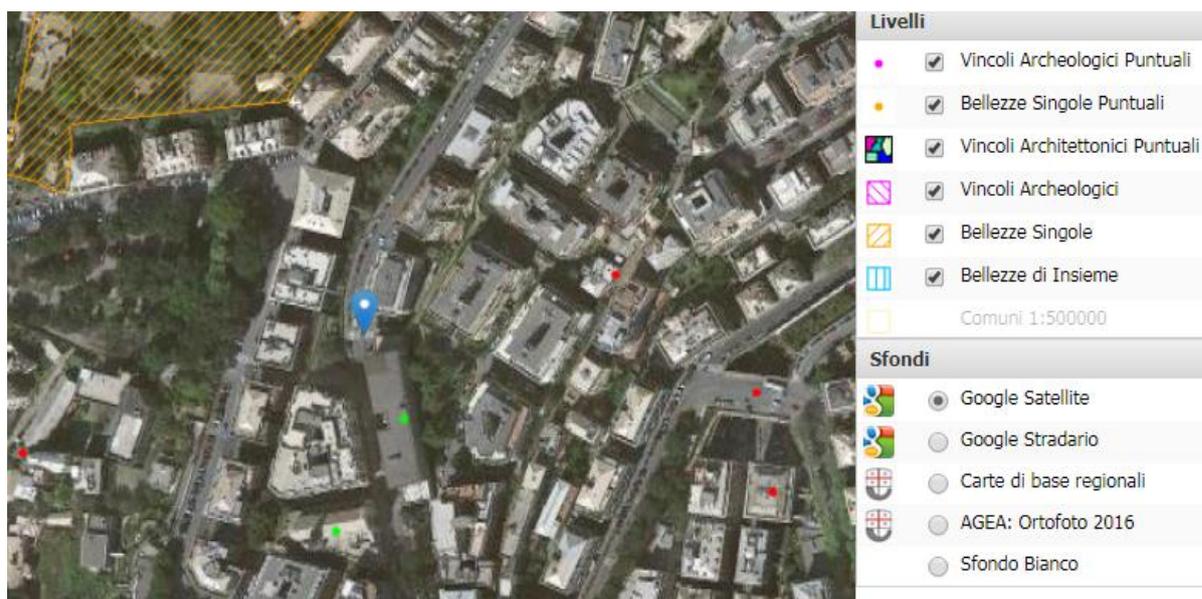
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI

L'edificio si trova nell'ex circoscrizione di Castelletto, un quartiere residenziale situato sulle alture che sovrastano il centro storico di Genova, compreso tra i quartieri Prè, Maddalena, Portoria e San Vincenzo a sud, Oregina a ovest e tre quartieri della Val Bisagno (San Fruttuoso, Marassi e Staglieno) a est.

L'ex circoscrizione "Castelletto" fa parte del Municipio I Centro Est e comprende le unità urbanistiche "Castelletto", "Manin" e "San Nicola".

La massiccia urbanizzazione di quest'area risale alla seconda metà dell'Ottocento.

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, denominato "Scuola Maria Mazzini" presenta un Vincolo Architettonico ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 42/2004.

L'immobile non ricade invece in zona soggetta a Vincolo Paesaggistico ai sensi del D. Lgs. 42/2004.

L'edificio inoltre non è soggetto a vincoli geomorfologici e idraulici.

L'immobile rimane 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 ⁽¹⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Coibentazione estradosso solaio di copertura	Art. 10 D.Lgs. 42/04		Soluzione estetica pari all'esistente e previa autorizzazione della Soprintendenza
EEM 2: Cappotto interno	Art. 10 D.Lgs. 42/04		Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibili con l'esistente; intonaci a base di calce o da concordare con la Soprintendenza
EEM 3: Installazione valvole termostatiche	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 (1): 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.

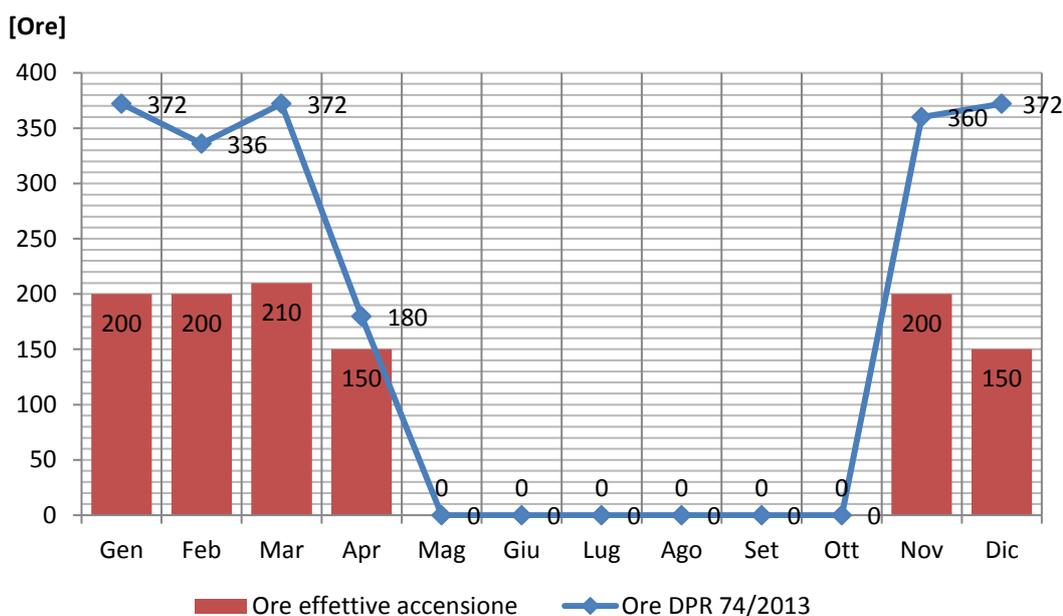
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati ipotizzati sulla base del contratto di gestione calore stipulato tra la società di servizi ed il Comune di Genova.

Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento della scuola 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 SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO RISCALDAMENTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	08:00 – 16:00	07.00 – 17.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	dal lunedì al venerdì	08:00 – 16:00	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 e per gli usi cottura della cucina, le cui utenze sono a diretto carico del Comune.

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 909 GG calcolati su 107 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	21%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
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	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	107	909	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

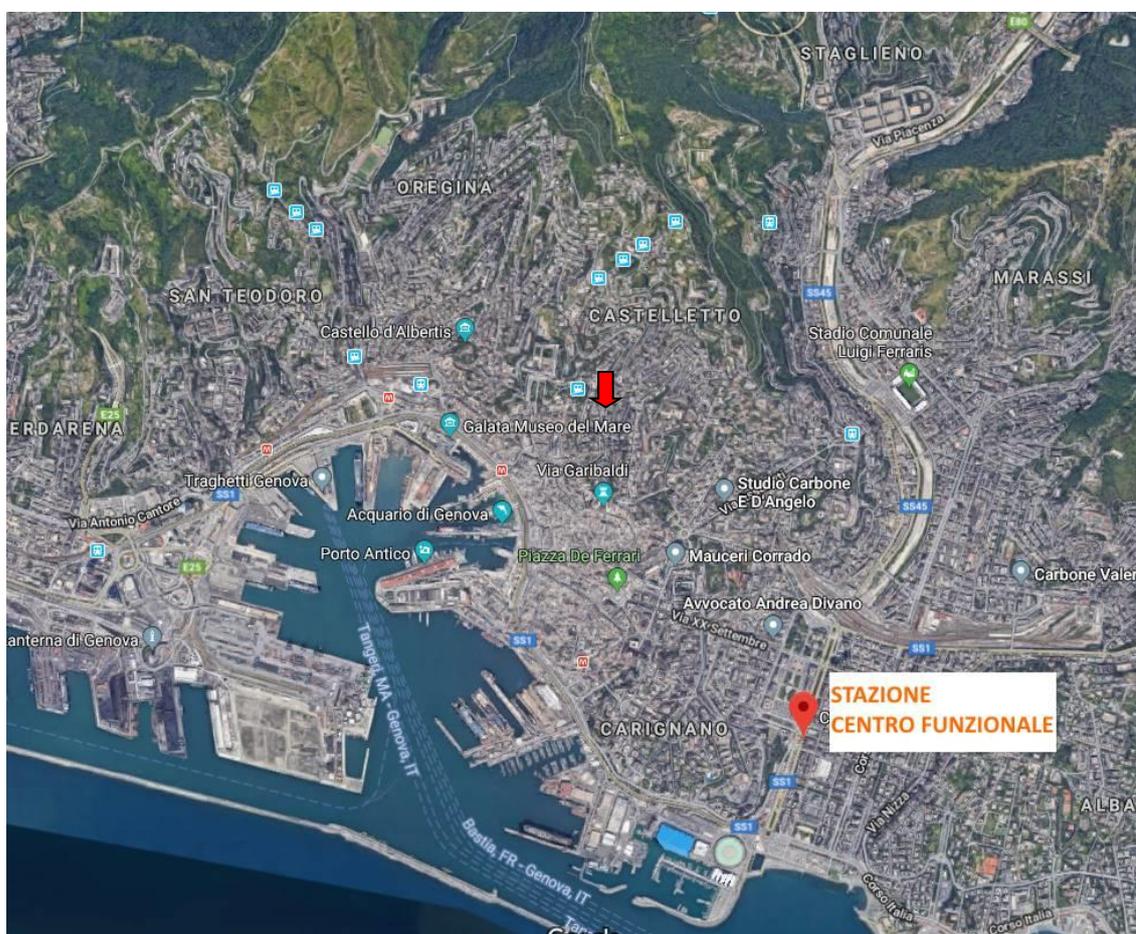
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

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 100 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

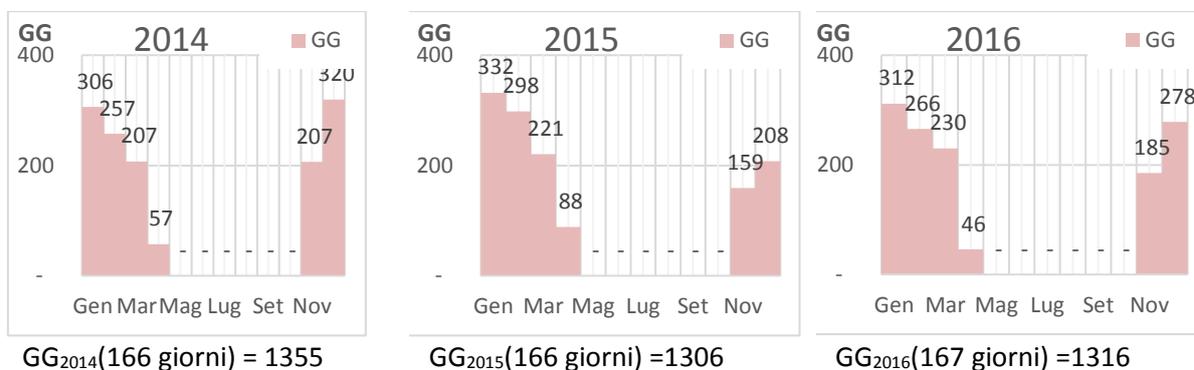


3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

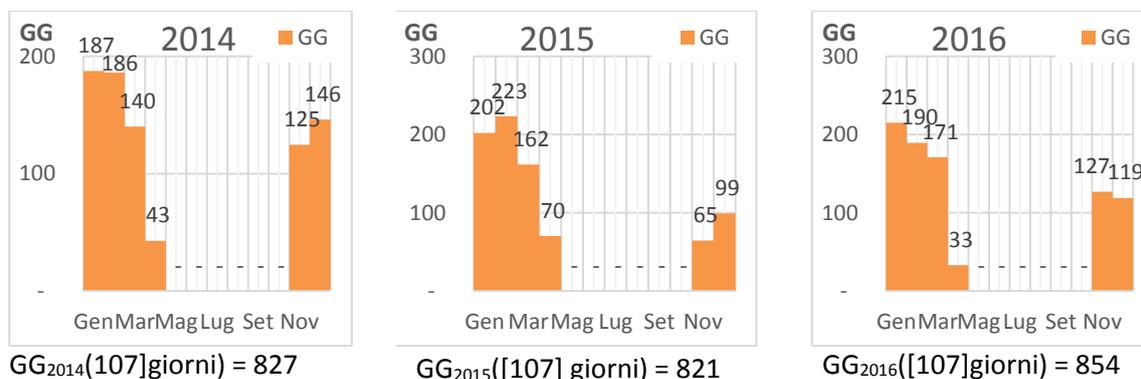


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 909 GG calcolati su 107 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 regolare e simmetrica, di forma rettangolare, con due terrazzi ai lati estremi del piano primo e un terrazzo centrale su Corso Firenze. E' costruito lungo la direttrice nord-sud, con esposizione delle facciate maggiori a ovest su Corso Firenze e a est sulla leggermente sopraelevata Salita Accinelli, che lascia in ombra le pareti del seminterrato. Sul lato ovest esiste un ingresso secondario alla scuola.

Figura 4.1 - Particolare della facciata retrostante lato est



Il solaio tra piano terra e interrato è costituito da voltine con travi in acciaio e mattoni pieni o forati. Il piano terzo è frutto di una successiva sopraelevazione risalente agli anni 60. Come visibile dalle termografie, la struttura del piano sembra essere realizzata a telaio con travi e pilastri in c.a. e tamponamenti in muratura piena o semipiena.

Figura 4.2 - Particolare del soffitto visibile dal piano interrato



La copertura dell'edificio è piana non praticabile in laterocemento e rivestimento esterno in guaina bituminosa impermeabilizzante.

Il pavimento del piano terra sul lato nord è in appoggio al terreno come risultante dalle planimetrie. Procedendo verso sud parte il P-1 completamente interrato fino ad uscire del tutto fuori terra a sud, in corrispondenza dell'entrata della nuova mensa.

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 di facciata in generale risulta abbastanza omogenea con pochi ponti termici importanti, e solo lievemente tra i solai di piano.

- La differenza di temperatura superficiale tra i piani alti della struttura e quelli inferiori è dovuta all'esposizione solare più prolungata sulla parte alta della facciata.
- Sia dalla termografia esterna che interna è possibile notare la presenza di pilastri interposti tra le aperture del terzo piano, così come un elevato ponte termico di copertura. Dall'interno è possibile vedere nettamente la composizione del solaio di copertura in laterocemento, con travetti più freddi rispetto alle pignatte; ciò indica una maggiore dispersione in direzione dei travetti strutturali.
- Dalle immagini termografiche interne del P3 è possibile notare il tamponamento delle pareti perimetrali con mattoni pieni o semipieni.

Figura 4.3 – Rilievo termografico delle pareti esterne lato ovest e interni P3.



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica e nell'Allegato D – Ulteriori 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 [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA	STATO DI
				TERMICA [W/m ² K]	CONSERVAZIONE
Muratura mista P-1, P0	M1	840	Assente	0,866	Sufficiente
Muratura mista P-1 verso terreno	M2	840	Assente	0,66	Sufficiente
Muratura esterna P1, P2	M4	680	Assente	0,866	Sufficiente
Muratura piena 30 cm	M5	290	Assente	1,635	Sufficiente
Muratura semipiena P3	M7	340	Assente	0,866	Sufficiente
Pavimento P-1 controterra	P1	445	Assente	0,852	Sufficiente
Pavimento P0 controterra	P2	445	Assente	1,73	Sufficiente
Copertura piana terrazzi	S1	380	Assente	1,425	Sufficiente
Copertura piana	S2	270	Assente	1,617	Sufficiente

L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche sono riportati nella Sezione 4.1 dell' Allegato J – Schede di audit e nell'Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti di diverse tipologie, in quanto hanno subito ammodernamenti parziali nel corso degli anni. Sono presenti ancora telai in legno con vetro singolo lungo la facciata principale ai piani 2° e 3° e in gran parte del piano terra; una seconda tipologia è costituita da telai in legno bianco e vetrocamera, risalenti al 2004 secondo intervista al personale, come gli infissi delle palestre poste al piano terra e quasi tutto il piano primo; infine si trovano infissi con telaio in PVC e vetrocamera risalenti probabilmente al 2008, installati sulla facciata est ai piani 2° e 3°, e nella parte centrale del piano terra.

Lo stato di conservazione è sufficiente per gli infissi più recenti, mentre risultano scadenti i serramenti in legno con vetro singolo. La trasmittanza del telaio è elevata, tuttavia la posizione quasi a filo esterno dell'infisso rispetto alla parete modera la formazione del ponte termico.

Non sono presenti componenti oscuranti esterni, ma alcuni infissi al piano terra sono dotati di scuri

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



interni in legno ad ante e solo in alcune aule sono montate tende bianche interne.

I serramenti del piano terra sia esterni che del corpo centrale sono dotati di sopra-luce ad arco a tutto sesto, mentre tutti gli altri hanno forma rettangolare. Entrambe le tipologie sono alloggiare in nicchie fino al pavimento con profondità fino a 35 cm, ma generalmente privi del posizionamento di radiatori.



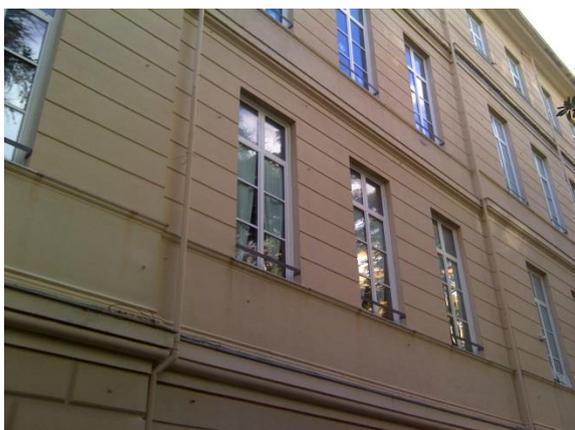
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

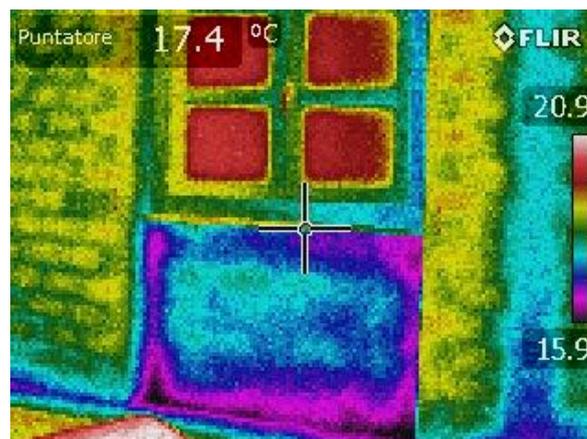
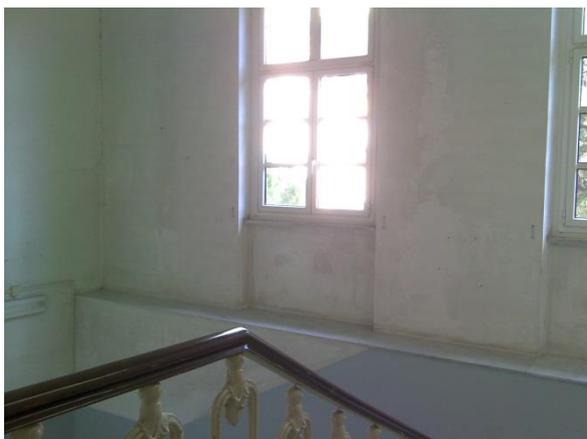
- Rilievo termografico delle pareti esterne eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40
- Rilevamento dello spessore delle vetrocamere di porte e finestre tramite spessivetro
- Rilievo geometrico dei serramenti
- Valutazione visiva dei componenti

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- I telai dei serramenti hanno dispersioni molto maggiori rispetto alla parete opaca
- Dalla termografia si può notare un gradiente di temperatura tra la parete sottofinestra ed il resto del muro perimetrale
- Il ponte termico tra parete e serramento esiste ma non molto accentuato grazie alla posizione quasi a filo esterno dell'infisso.

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 nell'Allegato D – Ulteriori 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		TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
		[L] [cm]	[H] [cm]				
F1A - legno v. 6-18-4	W1	190	230	Legno	Vetro doppio normale 6-18-4	2,445	Buono
Sopraluce legno v. singolo	W2	190	100	Legno	Vetro singolo	3,744	Mediocre
F2 - PVC 6-13-4 - 2008	W3	136	350	PVC	Vetro doppio normale 6-13-4	2,625	Buono
F3 - PVC 6-13-4 - 2008	W4	180	240	PVC	Vetro doppio normale 6-13-4	2,449	Buono
F4 legno v.singolo	W5	150	360	Legno	Vetro singolo	3,766	Mediocre
PF1 Met. 6-8-6	W6	190	310	Metallo	Vetro doppio normale 6-8-6	2,814	Buono
PF2 Metallo v. singolo	W7	166	340	Metallo	Vetro singolo	5,257	Scarso
F5A - legno v. 6-18-4	W8	135	360	Legno	Vetro singolo	2,439	Buono
PF1A - legno v. 6-18-4	W9	190	330	Legno	Vetro doppio normale 6-18-4	2,349	Buono
PF4 legno v. singolo	W10	145	450	Legno	Vetro singolo	3,533	Mediocre
PF5 - PVC 6-14-6	W11	145	450	PVC	Vetro doppio normale 6-14-6	2,548	Buono
F6 -vetrata legno v. 6-18-4	W12	265	350	Legno	Vetro doppio normale 6-18-4	2,448	Buono
PF6 -porta vetrata legno v. 6-18-4	W13	265	460	Legno	Vetro doppio normale 6-18-4	2,447	Buono
F7 legno v.singolo	W14	265	360	Legno	Vetro singolo	3,962	Mediocre
F8 legno v.singolo	W15	265	240	Legno	Vetro singolo	3,828	Mediocre
F9 legno v.singolo	W16	150	245	Legno	Vetro singolo	3,765	Mediocre
F10 - PVC 6-13-4 - 2008	W17	150	245	PVC	Vetro doppio normale 6-13-4	2,597	Buono

F12 - PVC v. singolo P-1	W18	140	70	PVC	Vetro singolo	3,282	Sufficiente
F13 - Met. v. singolo	W19	175	80	Metallo	Vetro singolo	5,325	Scarso
F14 - Met. v. singolo	W20	120	120	Metallo	Vetro singolo	4,979	Scarso
PF7 porta P-1 met v.sing	W21	140	175	Metallo	Vetro singolo	3,347	Sufficiente
PF8 porta P-1 met v.sing	W22	160	230	Metallo	Vetro singolo	3,768	Sufficiente

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 e nell'Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

Il riscaldamento degli ambienti è servito da un impianto termico centralizzato per l'intero edificio, eccetto la ex casa del custode al piano terra che ha utenze autonome. L'impianto è costituito da un circuito primario a vaso chiuso e un secondario a vaso aperto, alimentato da un generatore termico modulare premiscelato a condensazione, funzionante a gas naturale, con funzionamento a cascata. Il generatore è stato installato nel 2015 in ambiente esterno e l'impianto è gestito con contratto SIE3.

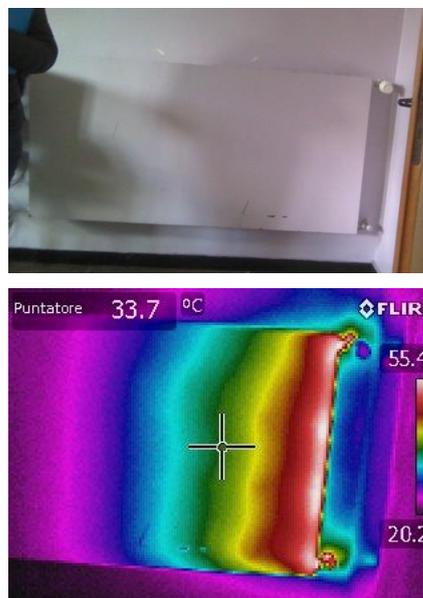
4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa o alluminio

Al momento del sopralluogo i radiatori risultavano funzionanti, è stato tuttavia rilevato un problema al piano terzo con alcuni radiatori che presentano poca resa termica. Dalla termografia effettuata si rileva che non vi è circolazione di acqua calda nella maggior parte del radiatore. Ciò potrebbe essere dovuto a bolle d'aria interne o altre cause che saranno trattate tra gli interventi di efficientamento. I radiatori sono quasi tutti privi di valvola termostatica tranne il terzo piano in cui sono presenti quasi ovunque.

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori in un'aula al P3



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	93%

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 ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Interrato	A parete o in nicchia	10	1,8	19	-	-
Terra	A parete o in nicchia	40	1,9	74	-	-
Primo	A parete o in nicchia	33	1,1	37	-	-
Secondo	A parete o in nicchia	29	1,4	40	-	-
Terzo	A parete	30	2,1	62	-	-
TOTALE		112	2,6	291	-	-

Nota (1): valori ricavati da check-list impianto termico fornita dalla committenza

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 15 % 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 esterna e collegato alla telegestione e controllo da remoto. A monte del circuito 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.

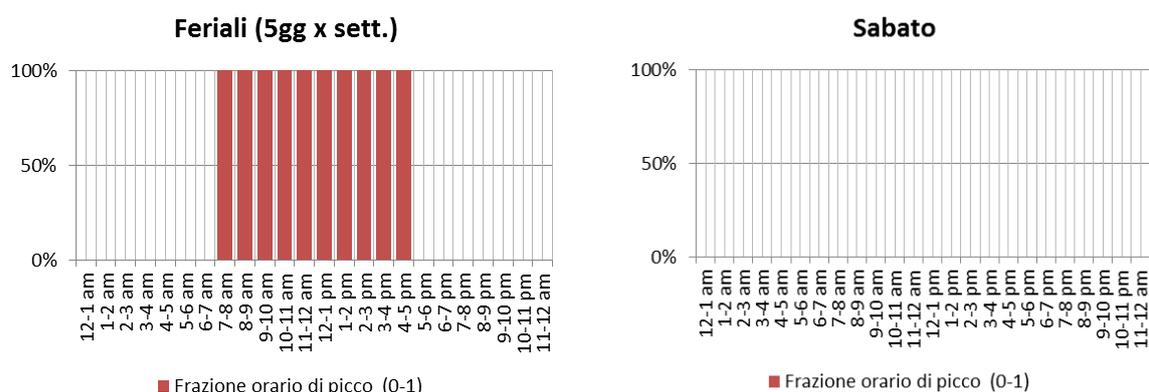
Non sono presenti termostati di zona all'interno delle zone riscaldate e i radiatori sono quasi tutti sprovvisti di valvole termostatiche tranne alcuni al piano terzo dell'edificio.

Figura 4.7 – Centralina di comando e telegestione della scuola



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

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la scuola



I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo redatto con software Edilclima secondo le norme UNI TS 11300 sono riportati nella Tabella 4.5:

Tabella 4.5 - Rendimenti del sottosistema di regolazione

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Intero edificio	Climatica	85%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il generatore e lo scambiatore di calore. E' posizionato nella sottocentrale al piano seminterrato dell'edificio ed è collegato al generatore posto all'esterno.
 - 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori della scuola. Si trova nella sottocentrale termica.
- 1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione a giri variabili (inverter) sul tubo di mandata e un separatore idraulico tra il generatore e la distribuzione. Il circuito è a vaso chiuso.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti di distribuzione

ZONA TERMICA	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽¹⁾ [mca]	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾ [kW]
Scuola	Circuito primario	ES01 mandata acqua calda allo scambiatore	75	10	1,38
TOTALE			75		1,38

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
		°C	°C
Mandata	Caldo	-	80
Ritorno	Caldo	-	60

Come si evince dalle tabelle soprastanti durante il sopralluogo non è stato possibile rilevare le temperature dei circuiti, comunque si rileva che la temperatura di mandata è gestita da una regolazione mediante curva climatica e sonda esterna pertanto è variabile in funzione delle temperature esterne.

- 2) **Circuito secondario:** tra lo scambiatore a piastre del circuito primario e l'unico collettore di mandata ai radiatori è presente una pompa di circolazione gemellare, una valvola a tre vie e una pompa anticondensa tra mandata e ritorno. Sul ritorno è presente un disareatore prima che l'acqua arrivi allo scambiatore. Il circuito secondario è a vaso aperto.

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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti di distribuzione

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾	PREVALENZA ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾
			[m ³ /h]	[mca]	[kW]
Circuito secondario	EG01	mandata acqua calda ai radiatori	56	11,6	1,7
Circuito secondario	ES02	Pompa anticondensa	-	-	0,36
TOTALE					2,06

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

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

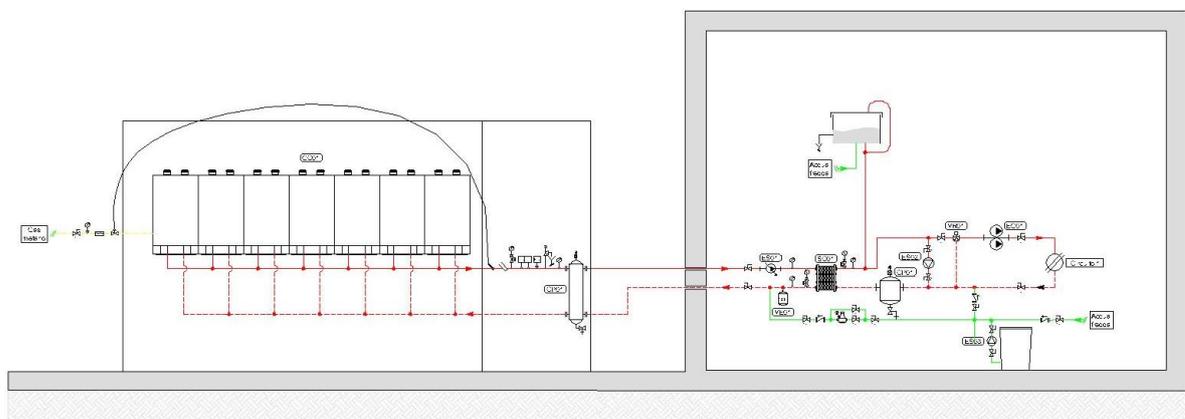
Tabella 4.7.

Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito secondario	Mandata	Caldo	-	80
Circuito secondario	Ritorno	Caldo	-	60

Come si evince dalle tabelle soprastanti durante il sopralluogo non è stato possibile rilevare le temperature dei circuiti, comunque si rileva che la temperatura di mandata è gestita da una regolazione mediante curva climatica e sonda esterna pertanto è variabile in funzione delle temperature esterne.

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto della scuola (Fonte: Tavola 151-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione per la scuola è stato assunto nella DE pari al 94% come da modello termico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le UNI TS 11300.

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 che alimenta l'intero edificio, è costituito attualmente da un generatore modulante a condensazione ad alta efficienza, con funzionamento in cascata e alimentato a gas metano, installato nel 2015 in una zona esterna sul retro dell'edificio. Precedentemente era presente una caldaia alimentata a gasolio non più in uso.

Figura 4.10 - Posizione della caldaia



Le caratteristiche del sistema di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

ZONA TERMICA	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾ [kW]	RENDIMENTO ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹⁾ [kW]
Scuola	Riscaldamento	FERROLI	ENERGY TOP B Modulo 80	2015	75	73,5	98%	0,285
Scuola	Riscaldamento	FERROLI	ENERGY TOP B Modulo 250 (Q.tà 3)	2015	232	227	98%	0,78

Nota (1) 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 96,5% come da modello energetico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le UNI TS 11300. Il rendimento ottenuto è confrontabile con quello estratto dalla prova fumi con data 16/12/16 e pari al 97,4%.

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 all'esterno del piano terra in corrispondenza del locale cucina;
- cinque boiler elettrici per i bagni della scuola collocati nei servizi igienici dei vari piani.

Figura 4.11 - Particolare caldaia ACS cucina



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

	SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE ⁽¹⁾	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE ⁽¹⁾	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE ⁽¹⁾	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽¹⁾
Produttore ACS metano	100%	92,6%	-	-	84,1%	73,2%
Boiler elettrici	100%	100%	-	-	75%	74,4%

Nota (1) 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 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
pc	20	150	3000	1200
proiettore	1	400	400	720
stampante	2	500	1000	720
lavastoviglie	1	3000	3000	720
frigorifero	1	500	500	8736
griglia	1	1000	1000	720
forno	1	1000	1000	720

LIM	6	340	2040	720
distributore bevande	1	500	500	8736
Ascensore	1	3000	3000	1200
FEM	10	50	500	720

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

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.

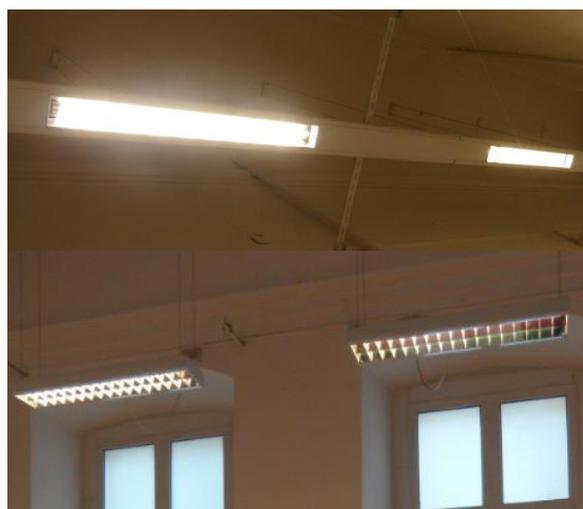
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

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 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

Localizzazione	TIPOLOGIA	NUM PLAFONIERE	POTENZA SINGOLA W	POTENZA TOTALE - W
P-1	T8 -2X36	13	72	936
P-1	T8 1X36	29	36	1044
P-1	T8 1X18	4	18	72
P-1	T5 2X25	4	50	200
P0	T8 1X36	22	36	792
P0	T8 1X36	17	18	306
P0	T8 4X18	8	72	576
P0	T8 2X36	45	72	3240
P0	RIFLETTORI - ALOGENE	8	200	1600
P0	T8 2X18	1	36	36
P0	FARETTI ALOGENI	6	200	1200
P1	T8 2X36	50	72	3600
P1	T8 4x18	20	72	1440

Localizzazione	TIPOLOGIA	NUM PLAFONIERE	POTENZA SINGOLA W	POTENZA TOTALE - W
P1	T8 2x18	2	36	72
P1	T8 1X36	20	36	720
P2	T8 -2X36	70	72	5040
P2	T8 1X36	18	36	648
P2	T8 2x18	2	36	72
P3	T8 2X36	74	72	5328
P3	T8 1X36	22	36	792
P3	T8 2x18	1	36	36
Esterno	FARETTO ALOGENO	1	200	200

L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell' Allegato J – Schede di audit.

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 attualmente è il Gas Metano. Fino a metà stagione 2015 era installata una caldaia alimentata a gasolio per il riscaldamento degli ambienti.

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⁾	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 ⁽¹⁾	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (1) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti dell'intero edificio;
- Produzione di acqua calda sanitaria a gas per la cucina 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 per il 2016 e i litri di gasolio consumati per il 2014 e 2015.

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]
03270050408142	Riscaldamento (SIE3)	27.000 ¹	13.360 ¹	6.048	272.417 ¹	134.796 ¹	56.972
3270032973470	Prod. ACS e usi cottura	4.103	4.023	3.855	38.650	37.895	36.311

Nota (1) Consumi di gasolio

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

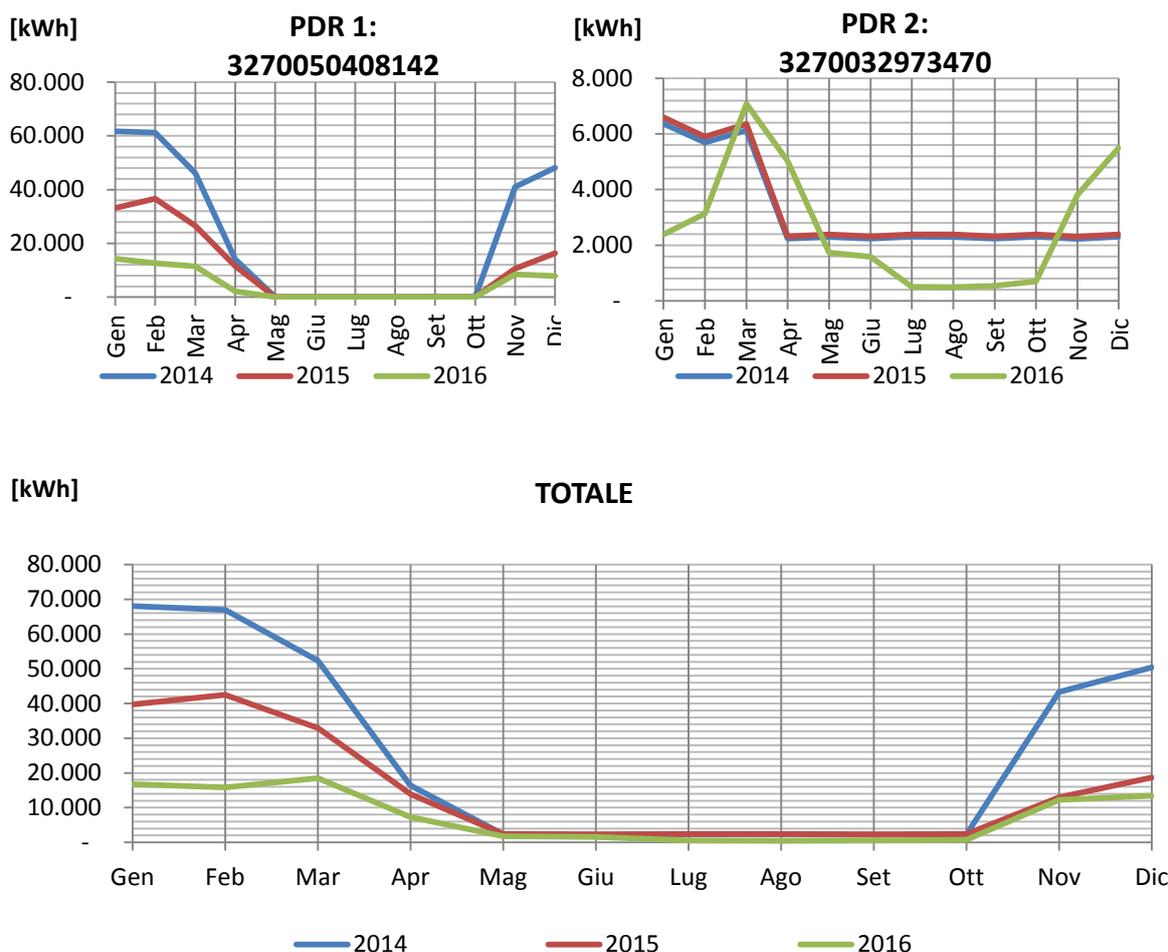
PDR: 3270050408142	2014*	2015*	2016	2014*	2015*	2016
Mese	[t]	[t]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	6.116	3.285	1.523	61.708	33.145	14.344
Feb	6.070	3.632	1.342	61.247	36.642	12.640
Mar	4.577	2.633	1.210	46.182	26.562	11.396
Apr	1.397	1.145	234	14.093	11.557	2.207
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	4.070	1.053	898	41.062	10.621	8.456
Dic	4.770	1.612	842	48.125	16.269	7.929
Totale	27.000	13.360	6.048	272.417	134.796	56.972
PDR: 3270032973470	2014**	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	676	700	254	6.367	6.598	2.393
Feb	604	626	333	5.690	5.896	3.137
Mar	651	674	752	6.130	6.352	7.084
Apr	237	246	534	2.236	2.317	5.030
Mag	244	253	184	2.300	2.383	1.733
Giu	237	246	168	2.236	2.317	1.583
Lug	245	254	54	2.309	2.393	509
Ago	244	253	53	2.300	2.383	499
Set	237	246	58	2.236	2.317	546
Ott	245	254	75	2.309	2.393	707
Nov	236	245	404	2.227	2.308	3.806
Dic	245	254	584	2.309	2.393	5.501
Totale	4.103	4.252	3.453	38.650	40.050	32.527

Nota (*) Consumi di gasolio

Nota (**) 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



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo mensile pari a 53 kWh registrato nell'agosto 2016, e un valore di massimo prelievo mensile pari a 6.792 kWh registrato nel gennaio 2014. I consumi annui seguono un andamento regolare nel triennio, con maggiori consumi registrati nel 2014 e 2015 con l'impianto a gasolio.

Poiché il consumo di gas comunicato dal Servizio Utenze del Comune per il 2016 risulta anomalo rispetto ai consumi di gasolio precedenti e ai consumi di edifici simili, al fine della determinazione della Baseline termica si è provveduto a fare una media dei kWh termici consumati nei tre anni considerati.

Considerando che i consumi di combustibile 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_{reali} = Consumo termico reale per riscaldamento dell'edificio nell'anno i -esimo, kWh/anno.

Tale consumo corrisponde alla media della fornitura di combustibile del "PDR 1" in quanto esso alimenta la centrale termica per il servizio di riscaldamento dell'intera scuola.

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

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi del PDR2 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;

\bar{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 combustibile forniti dalla società di distribuzione.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REALI} SU [107] GIORNI	GG ^{RIF} SU [107] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [909] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	827	909	-	272.417	329,3	299.290	13.665	-
2015	821	909	-	134.796	164,2	149.211	13.399	-
2016	854	909	7.411	56.972	66,7	60.610	12.839	-
Media	834	909	7.411	154.728	185,5	168.575	13.301	-

Come si può notare dai dati riportati, per il calcolo della baseline è stata considerata la media dei consumi termici, normalizzati in funzione dei GGreali, nei tre anni di riferimento.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	13.301
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	168.575
$Q_{baseline}$	181.876

5.1.2 Energia elettrica

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

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

L'effettiva ubicazione del contatore 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 sui 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]
IT001E00097977	Intero Edificio	65.195	65.323	61.686	64.068
TOTALE		65.195	65.323	61.686	EEbaseline [64.068]

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-E1668 e riportati nella seguente tabella:

POD1	Anno 2014 Consumi, [kWh]	Anno 2015 Consumi, [kWh]	Anno 2016 Consumi, [kWh]	Consumo Medio, [kWh]
IT001E00097977	65.195	66.355	67.064	66.205

Lo scostamento tra la media dei consumi fatturati nel triennio rispetto ai consumi forniti dalla PA è pari a -3%. Poiché lo scostamento è minimo, 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 64.068 kWh/anno.

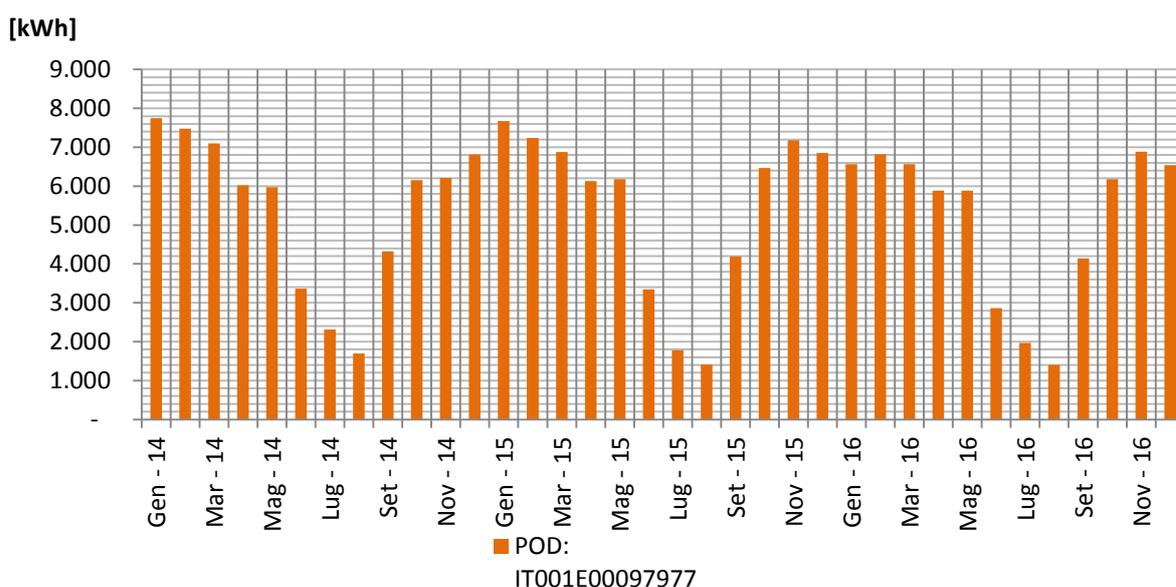
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097977	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	5.395	1.138	1.218	7.751
Feb - 14	5.329	1.194	956	7.479
Mar - 14	4.786	1.194	1.119	7.099
Apr - 14	4.088	919	1.018	6.025
Mag - 14	3.647	1.029	1.300	5.976

Giu - 14	1.919	594	848	3.361
Lug - 14	1.222	429	662	2.313
Ago - 14	674	361	657	1.692
Set - 14	3.022	623	676	4.321
Ott - 14	4.432	906	816	6.154
Nov - 14	4.271	937	1.004	6.212
Dic - 14	4.367	1.046	1.399	6.812
Totale	43.152	10.370	11.673	65.195
POD: IT001E00097977	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	5.088	1.222	1.366	7.676
Feb - 15	5.030	1.167	1.039	7.236
Mar - 15	4.682	1.082	1.110	6.874
Apr - 15	4.081	913	1.139	6.133
Mag - 15	3.740	1.101	1.341	6.182
Giu - 15	1.832	625	886	3.343
Lug - 15	820	371	587	1.778
Ago - 15	561	295	550	1.406
Set - 15	2.984	597	614	4.195
Ott - 15	4.739	989	740	6.468
Nov - 15	5.120	1.098	960	7.178
Dic - 15	4.601	953	1.300	6.854
Totale	43.278	10.413	11.632	65.323
POD: IT001E00097977	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	4.688	980	900	6.568
Feb - 16	5.207	943	669	6.819
Mar - 16	4.822	889	852	6.563
Apr - 16	4.044	883	957	5.884
Mag - 16	4.307	827	748	5.882
Giu - 16	1.819	450	589	2.858
Lug - 16	1.077	378	513	1.968
Ago - 16	665	275	459	1.399
Set - 16	2.917	600	626	4.143
Ott - 16	4.530	931	719	6.180
Nov - 16	5.161	977	748	6.886
Dic - 16	4.335	1.004	1.197	6.536
Totale	43.572	9.137	8.977	61.686

Si riporta nella Figura 5.2 l'andamento mensile dei consumi durante il triennio considerato.

Figura 5.2 – Andamento dei consumi elettrici reali relativi al 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.

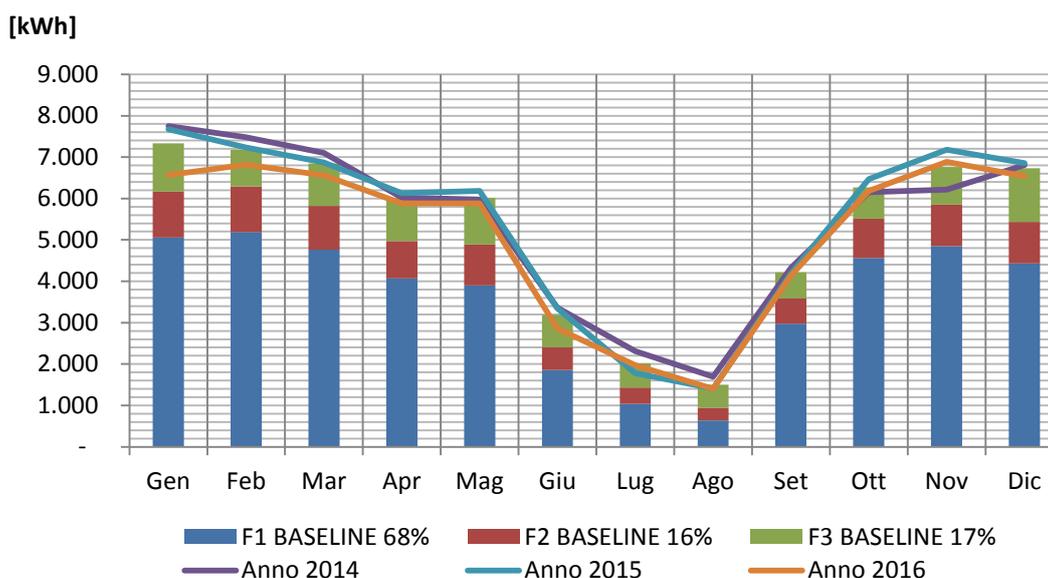
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	5.057	1.113	1.161	7.332
Feb	5.189	1.101	888	7.178
Mar	4.763	1.055	1.027	6.845
Apr	4.071	905	1.038	6.014
Mag	3.898	986	1.130	6.013
Giu	1.857	556	774	3.187
Lug	1.040	393	587	2.020
Ago	633	310	555	1.499
Set	2.974	607	639	4.220
Ott	4.567	942	758	6.267
Nov	4.851	1.004	904	6.759
Dic	4.434	1.001	1.299	6.734
Totale	43.334	9.973	10.761	64.068

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico 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 i consumi restano pressoché costanti tra loro.

E' stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, il quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza quarti oraria disponibili per l'ultimo anno solare.

Si sono pertanto analizzati dei profili giornalieri campione per il 2017, rappresentativi delle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

Le giornate analizzate sono riportate nella Tabella 5.9

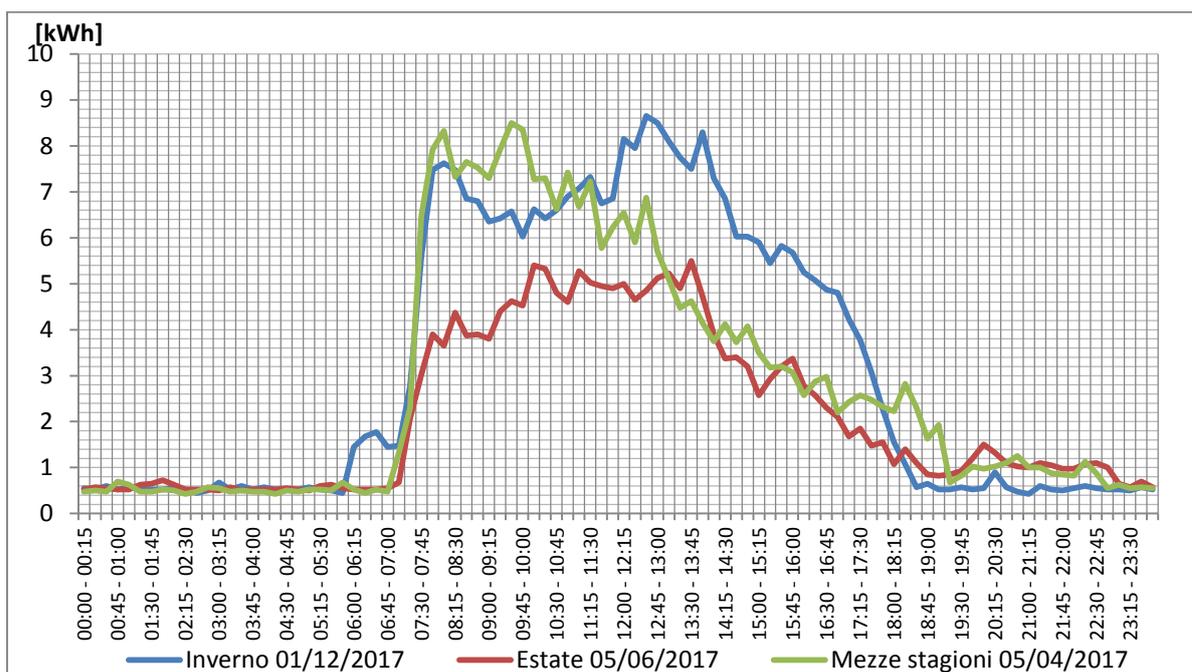
Tabella 5.9 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA ¹ [°C]
Inverno	01/12/2017	Venerdì	Periodo scolastico	6
Estate	05/06/2017	Lunedì	Periodo scolastico	23
Mezza stagione	05/04/2017	Mercoledì	Periodo scolastico	16

Nota (1) Valori ricavati dalla stazione meteo "Centro Funzionale" per i giorni corrispondenti

L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.4.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00012345



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto alle ore effettive di utilizzo della scuola in cui si registrano i consumi maggiori; negli orari di chiusura il prelievo è minimo, dovuto alle apparecchiature sempre allacciate come frigoriferi e distributori bevande, nonché alle luci di emergenza. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo, presentando consumi maggiori durante l’inverno dovuto agli ausiliari dell’impianto termico e al maggiore fabbisogno di illuminazione artificiale.

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 5.10 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.10.

Tabella 5.10 - 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

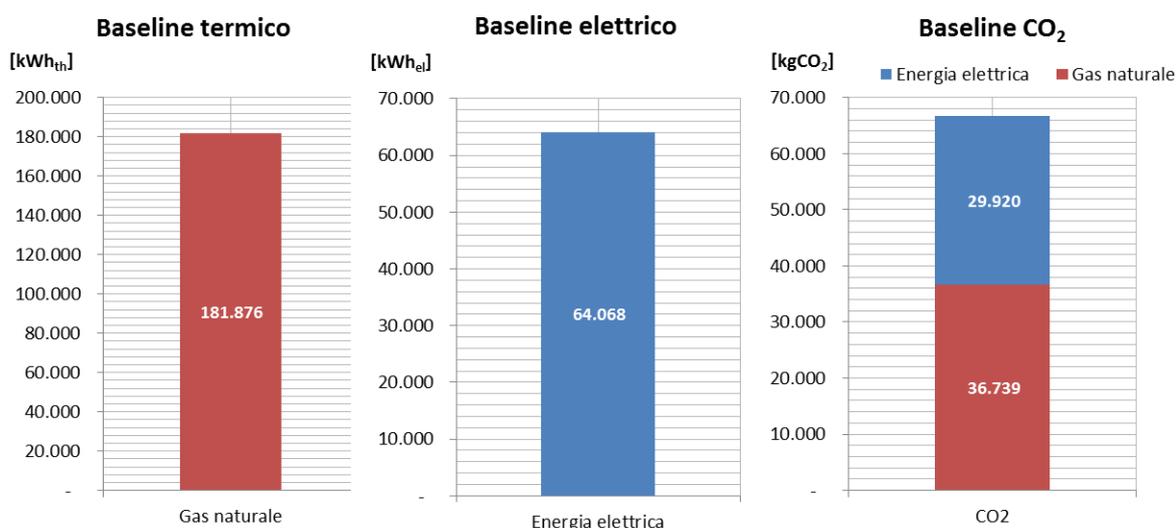
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.11 e nella Figura 5.5

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	CONSUMO DI BASELINE [kWh]	[tCO ₂ /MWh]
[Energia elettrica]	64.068	*0,467
[Gas naturale]	181.876	0,202
Totale		66,7

Figura 5.5 – 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 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.563	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.958	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	25.653	m ³

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. e**

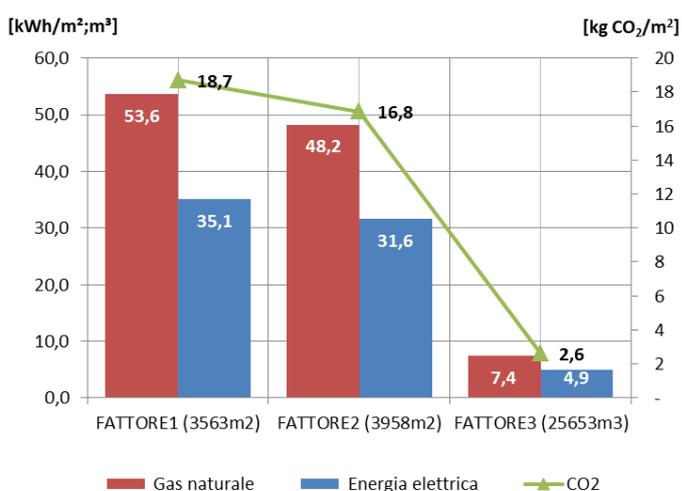
Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

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

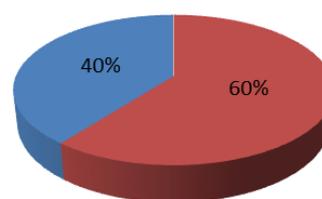
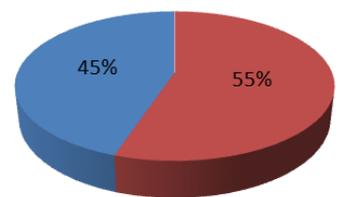
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	181.876	1,05	190.970	53,6	48,2	7,4	10,31	9,28	1,43
Energia elettrica	64.068	2,42	155.045	43,5	39,2	6,0	8,40	7,56	1,17
TOTALE			346.014	97	87	13	19	17	3

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE kWh/anno	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	181.876	1,05	190.970	53,6	48,2	7,4	10,31	9,28	1,43
Energia elettrica	64.068	1,95	124.933	35,1	31,6	4,9	8,40	7,56	1,17
TOTALE			315.902	89	80	12	19	17	3

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.7 – 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/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	10,6	5,5	2,6	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	13,4	13,4	12,6
	Buono	Buono	Buono	Insufficiente	Insufficiente	Insufficiente

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 Insufficiente per tutto il triennio considerato.

Per la sintesi ed il confronto di tutti gli indicatori di performance energetici ed ambientali degli edifici del Lotto 1, si rimanda all'Errore. **L'origine riferimento non è stata trovata.** allegato alla presente diagnosi energetica.

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	122,27	112,44
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	71,30	70,44
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	4,88	4,87
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	45,17	36,40
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,91	0,73
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	24	24

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	24.464 Nmc	255.326
Energia Elettrica	74.535 kWhel	145.343

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)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(1)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (1) 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	91,50	84,40
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	53,46	52,94
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	4,21	4,20
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-

Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	32,92	26,52
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,91	0,73
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	18	

I valori di EP globali sopra riportati di scostano di una piccola percentuale rispetto agli EP calcolati dai dati di consumo e baseline individuati, pertanto risultano coerenti.

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[Nmc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	18.752	186.390
Energia Elettrica		53.856 ⁽¹⁾

Nota (1) Il consumo elettrico è riferito ai soli servizi energetici valutati nel modello Edilclima, la quota FEM sarà aggiunta nel paragrafo di validazione del modello elettrico.

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]	[%]
186.390	181.876	2,4%

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 e dal modello elettrico ricostruito per le attrezzature e FEM (vedi Allegato B).

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

EE _{teorico}	EE _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
62.273	64.068	3%

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

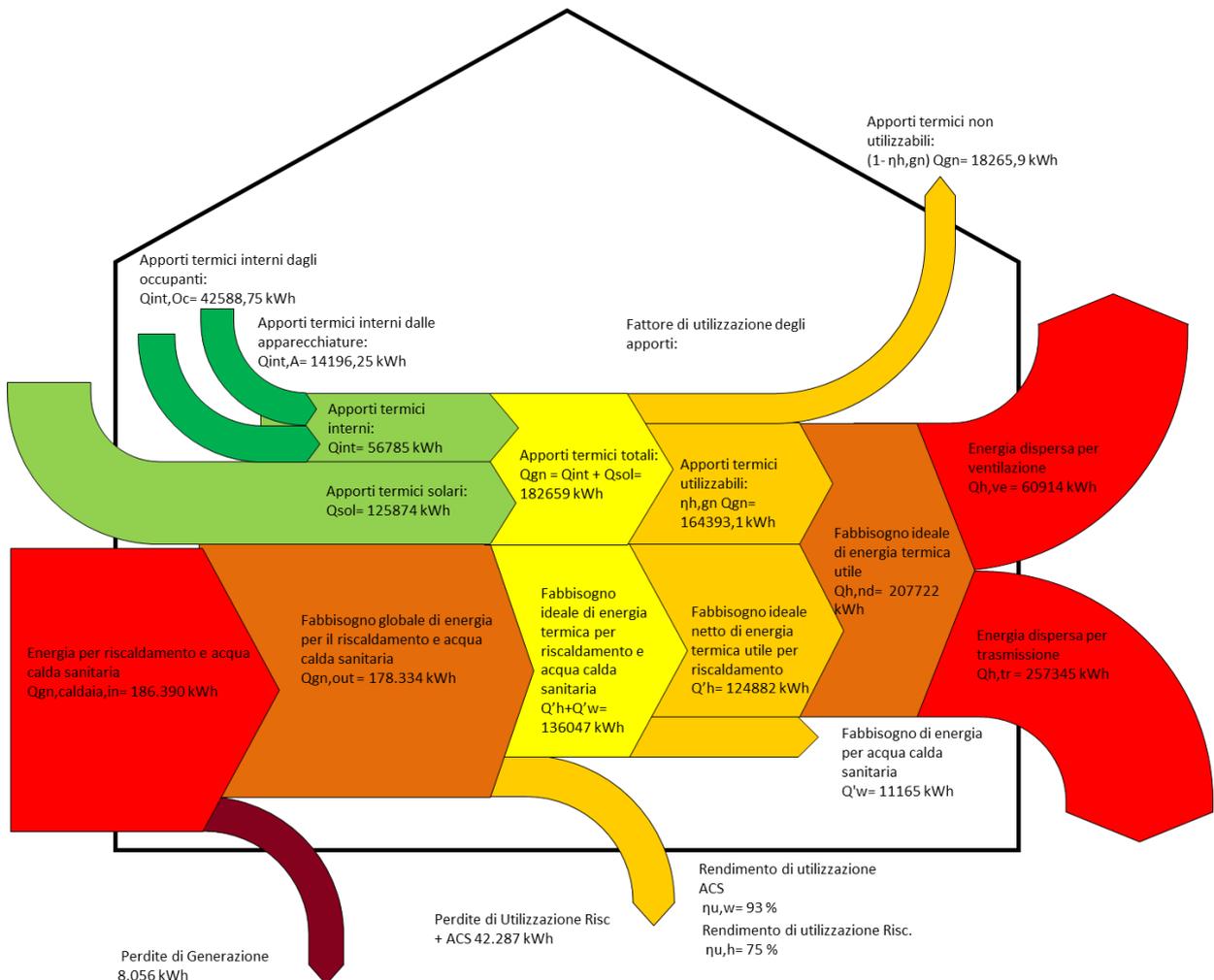
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

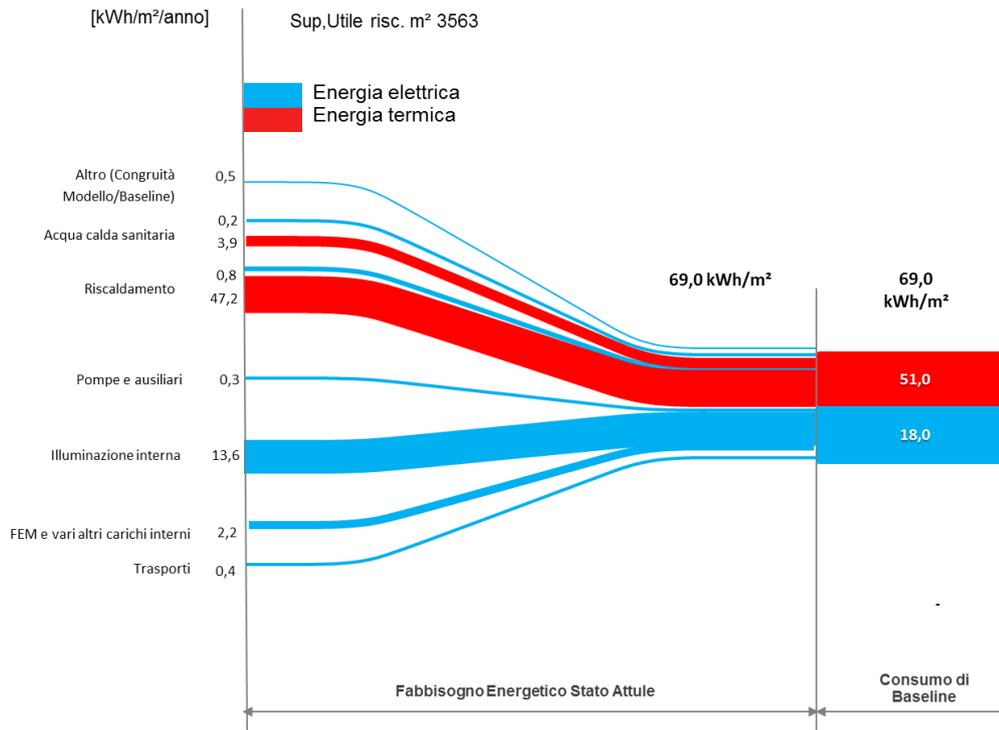
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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 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 dell'impianto di riscaldamento presenta 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.

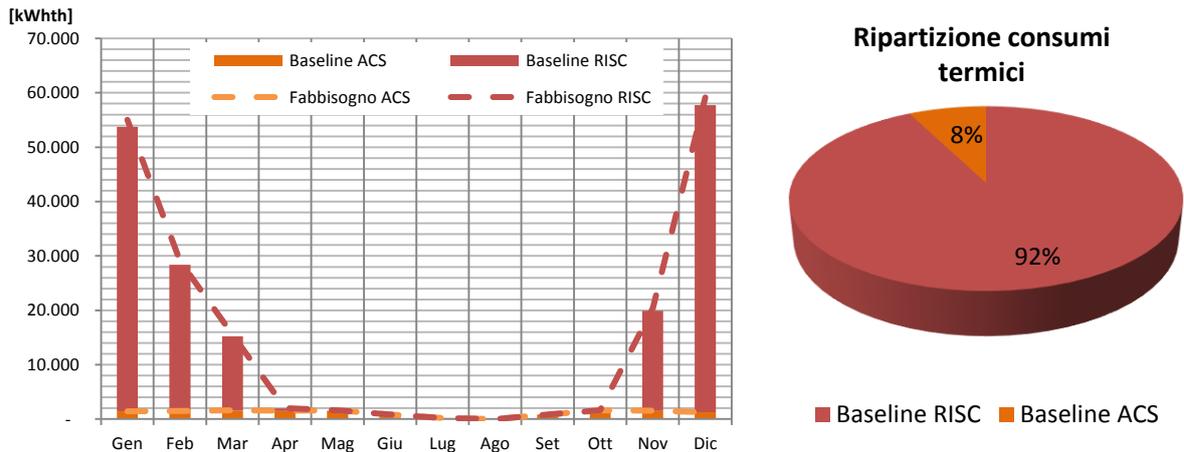
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio   possibile notare che i consumi termici sono imputabili prevalentemente a esigenze di riscaldamento e in minima parte alla produzione di ACS. I consumi elettrici sono invece maggiormente dovuti all'illuminazione 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 pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all'interno dell'edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  essere confrontato con il profilo mensile che si otterrebbe tramite la normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l'utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1.

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

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



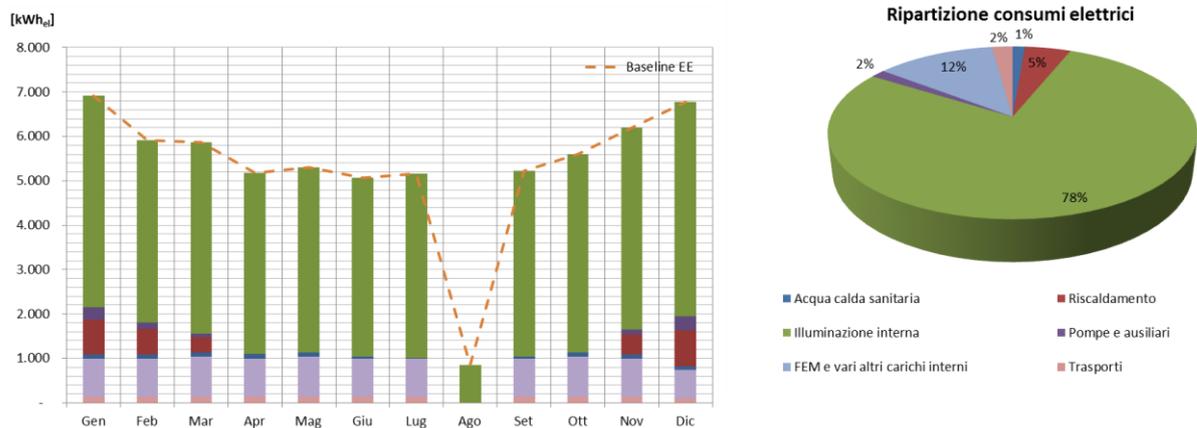
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali dell'edificio, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione energetica con Edilclima e del modello elettrico per le attrezzature interne riportato in Allegato B.

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-INTERVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270050408142: 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 per gli anni corrispondenti ricavati dal sito dell'ARERA;
- PDR 2 – 3270032973470: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del PDR2 per il triennio di riferimento

PDR 2: 3270032973470	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	Utenze con attività di servizio pubblico
Opzione tariffaria	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	39,31 MJ/mc
Prezzi di fornitura del combustibile ⁽¹⁾ (IVA ESCLUSA)	nd	0,037 €/kWh	0,025 €/kWh

Nota (1): 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, rendendo l'attuale fornitore 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 il PDR 2 sono stati analizzati solo i costi del 2015 e 2016 per assenza delle fatturazioni riferite al 2014.

Per i costi dei vettori energetici relativi al contratto SIE3, in assenza di fatturazioni, questi sono stati ricavati a partire dai costi unitari medi mensili estrapolati dal MISE per il gasolio e dall'ARERA per il gas metano. Per il dettaglio dei costi si rimanda ai fogli di calcolo contenuti nell'allegato B – elaborati.

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

GASOLIO	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	4.565	-	-	2.466	1.547	8.577	61.708	0,139
Feb - 14	4.589	-	-	2.448	1.548	8.585	61.247	0,140
Mar - 14	3.414	-	-	1.846	1.157	6.417	46.182	0,139
Apr - 14	1.025	-	-	563	349	1.938	14.093	0,137
Mag - 14				-	-	-	-	-
Giu - 14				-	-	-	-	-
Lug - 14				-	-	-	-	-
Ago - 14				-	-	-	-	-
Set - 14				-	-	-	-	-
Ott - 14				-	-	-	-	-
Nov - 14	2.809	-	-	1.641	979	5.429	41.062	0,132
Dic - 14	3.026	-	-	1.923	1.089	6.039	48.125	0,125
Totale	19.428	-	-	10.887	6.669	36.984	272.417	0,136
GASOLIO	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	1.847	-	-	1.325	698	3.870	33.145	0,117
Feb - 15	2.089	-	-	1.464	782	4.335	36.642	0,118
Mar - 15	1.592	-	-	1.062	584	3.238	26.562	0,122
Apr - 15	689	-	-	462	253	1.404	11.557	0,121
Mag - 15				-	-	-	-	-
Giu - 15				-	-	-	-	-
Lug - 15				-	-	-	-	-
Ago - 15				-	-	-	-	-
Set - 15				-	-	-	-	-
Ott - 15				-	-	-	-	-
Nov - 15	553	-	-	424	215	1.193	10.621	0,112
Dic - 15	776	-	-	650	314	1.740	16.269	0,107
Totale	7.547	-	-	5.387	2.845	15.779	134.796	0,117
PDR 1: 3270050408142	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Metano-Gen - 16	425	107	208	323	234	1.297	14.344	0,090
Metano-Feb - 16	375	95	183	284	206	1.143	12.640	0,090
Metano-Mar - 16	338	85	165	256	186	1.031	11.396	0,090
Metano-Apr - 16	52	17	31	50	33	181	2.207	0,082
Metano-Mag - 16						-	-	-
Metano-Giu - 16						-	-	-

Metano-Lug - 16						-	-	-
Metano-Ago - 16						-	-	-
Metano-Set - 16						-	-	-
Metano-Ott - 16						-	-	-
Metano-Nov - 16	206	63	120	190	127	707	8.456	0,084
Metano-Dic - 16	193	59	112	178	120	663	7.929	0,084
Totale	1.589	426	819	1.281	905	5.021	56.972	0,088

PDR 2: 3270032973470	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	300	4	103	120	100	626	6.598	0,095
Feb - 15	268	4	95	123	93	582	5.896	0,099
Mar - 15	289	4	100	143	104	640	6.352	0,101
Apr - 15	70	4	28	52	34	188	2.317	0,081
Mag - 15	72	4	29	54	35	193	2.383	0,081
Giu - 15	70	4	28	52	34	188	2.317	0,081
Lug - 15	69	4	29	54	34	190	2.393	0,080
Ago - 15	69	4	29	54	34	190	2.383	0,080
Set - 15	67	4	28	52	33	184	2.317	0,080
Ott - 15	70	4	29	54	35	192	2.393	0,080
Nov - 15	67	4	28	52	33	185	2.308	0,080
Dic - 15	70	4	26	54	34	187	2.393	0,078
Totale	1.480	46	555	862	603	3.546	40.050	0,089

PDR 2: 3270032973470	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	66	4	22	35	21	147	2.393	0,062
Feb - 16	86	4	49	66	38	242	3.137	0,077
Mar - 16	194	4	90	147	78	513	7.084	0,072
Apr - 16	106	90	64	113	82	454	5.030	0,090
Mag - 16	37	89	22	39	41	227	1.733	0,131
Giu - 16	33	89	20	36	39	217	1.583	0,137
Lug - 16	11	89	7	11	26	144	509	0,283
Ago - 16	11	89	6	11	26	143	499	0,287
Set - 16	12	89	7	12	26	147	546	0,268
Ott - 16	18	89	8	16	29	159	707	0,226
Nov - 16	95	89	44	86	69	382	3.806	0,100
Dic - 16	137	89	64	124	91	505	5.501	0,092
Totale	806	811	403	696	566	3.282	32.527	0,101

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 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

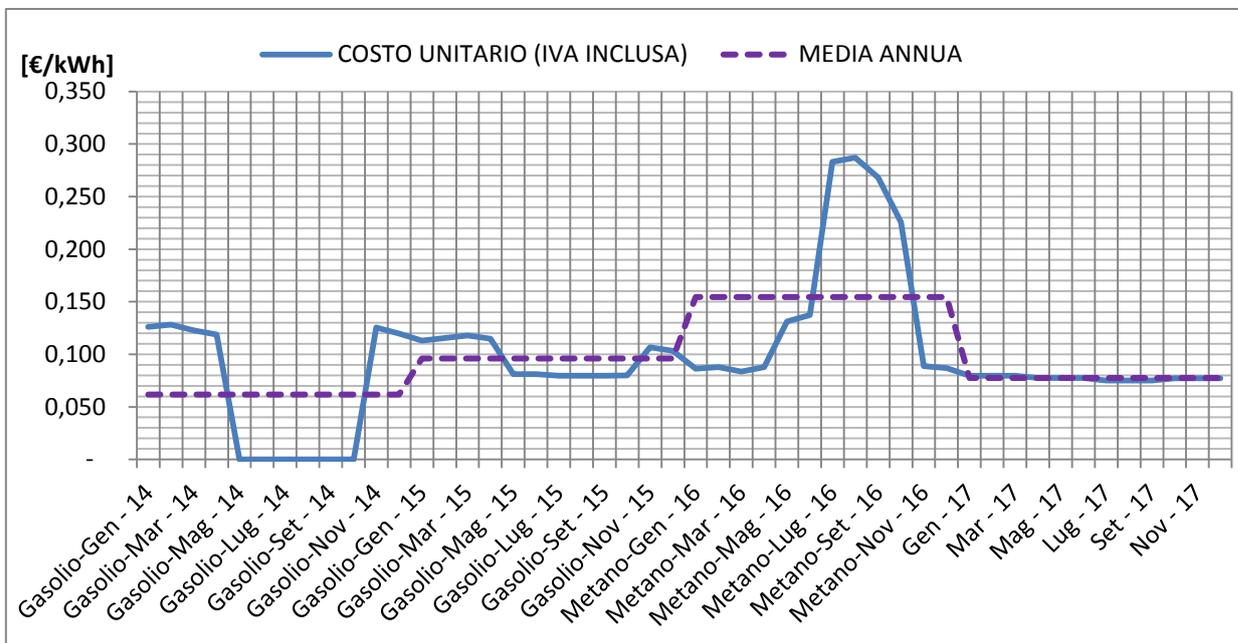
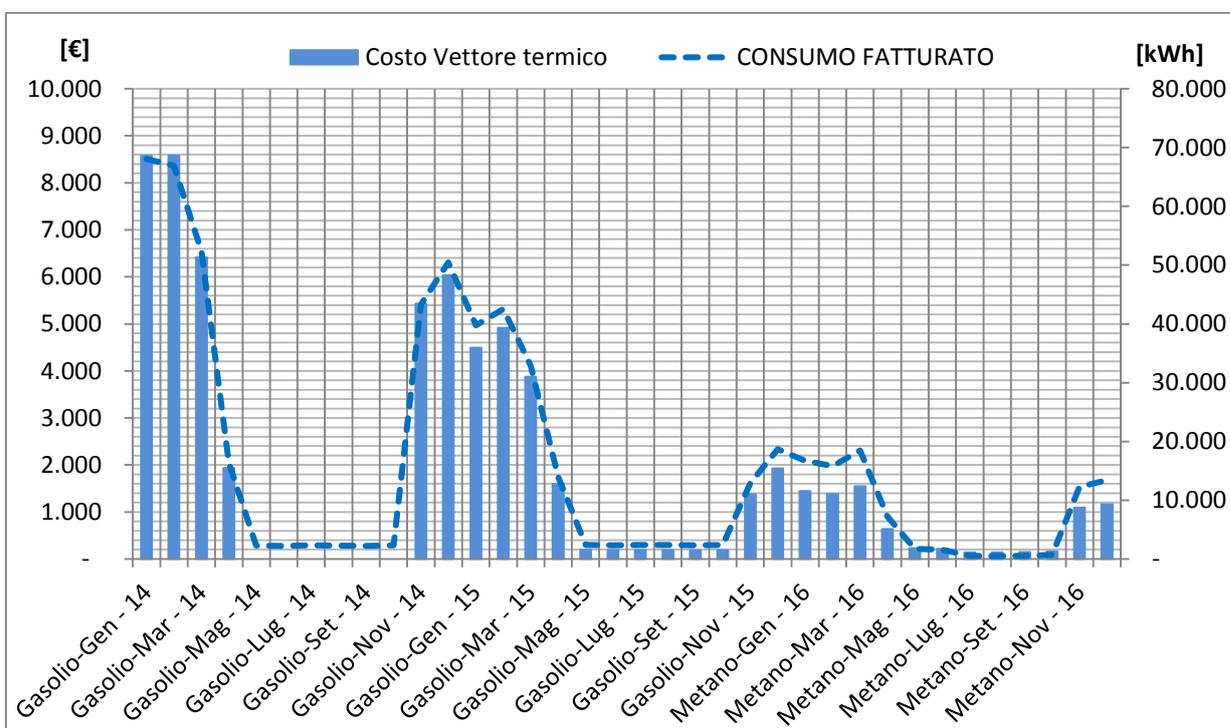


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dal primo grafico si denota un picco del costo unitario di metano nell'estate 2016 dovuto ai costi fissi della bolletta in corrispondenza di bassi consumi a servizio del solo uso cottura e ACS mensa. Analizzando il secondo grafico è possibile notare un costo maggiore per il gasolio rispetto al gas metano. Quest'ultimo tende a diminuire nel 2017. In generale i costi sono proporzionati ai consumi effettuati.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto stipulato direttamente tra la committenza ed il fornitore per l'unico POD presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097977: 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: IT001E00097977	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	63 kW	63 kW	63 kW
Potenza elettrica disponibile	63 kW	63 kW	63 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⁾	0,091 €/kWh	0,061 €/kWh	0,068 €/kWh

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (2): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

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

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

POD: IT001E00097977	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	708	120	584	97	151	1.660	7.751	0,214
Feb - 14	687	123	563	93	147	1.613	7.479	0,216
Mar - 14	650	115	535	89	139	1.527	7.099	0,215
Apr - 14	574	115	468	75	123	1.355	6.025	0,225
Mag - 14	561	93	464	75	119	1.312	5.976	0,220
Giu - 14	313	93	261	42	71	781	3.361	0,232
Lug - 14	211	51	181	29	47	519	2.313	0,224
Ago - 14	150	35	132	21	34	373	1.692	0,220
Set - 14	405	101	338	54	90	988	4.321	0,229
Ott - 14	569	112	493	77	125	1.376	6.154	0,224
Nov - 14	564	115	497	78	125	1.380	6.212	0,222
Dic - 14	601	113	547	85	135	1.481	6.812	0,217
Totale	5.993	1.186	5.063	815	1.306	14.363	65.195	0,220

POD: IT001E00097977	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	650	135	588	96	147	1.615	7.676	0,210
Feb - 15	594	121	554	90	136	1.496	7.236	0,207
Mar - 15	543	116	526	86	127	1.399	6.874	0,203
Apr - 15	357	110	474	77	102	1.120	6.133	0,183
Mag - 15	348	108	478	77	101	1.113	6.182	0,180
Giu - 15	186	88	258	42	57	632	3.343	0,189
Lug - 15	95	39	141	22	30	327	1.778	0,184
Ago - 15	75	32	111	18	24	260	1.406	0,185
Set - 15	196	101	333	52	68	750	4.195	0,179
Ott - 15	278	120	536	81	101	1.116	6.468	0,173
Nov - 15	311	115	595	90	111	1.222	7.178	0,170
Dic - 15	345	120	502	86	105	1.158	6.854	0,169
Totale	3.979	1.206	5.097	817	1.110	12.208	65.323	0,187
POD: IT001E00097977	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	464	113	507	82	117	1.282	6.568	0,195
Feb - 16	386	107	525	85	110	1.215	6.819	0,178
Mar - 16	346	110	506	82	104	1.148	6.563	0,175
Apr - 16	312	97	455	74	94	1.032	5.884	0,175
Mag - 16	334	100	456	74	96	1.060	5.882	0,180
Giu - 16	172	85	222	36	51	566	2.858	0,198
Lug - 16	142	42	153	25	36	398	1.968	0,202
Ago - 16	90	37	108	17	25	278	1.399	0,199
Set - 16	303	87	322	52	76	840	4.143	0,203
Ott - 16	502	112	484	77	118	1.294	6.180	0,209
Nov - 16	619	110	539	86	135	1.489	6.886	0,216
Dic - 16	554	112	510	82	126	1.384	6.536	0,212
Totale	4.225	1.113	4.787	771	1.090	11.986	61.686	0,194

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

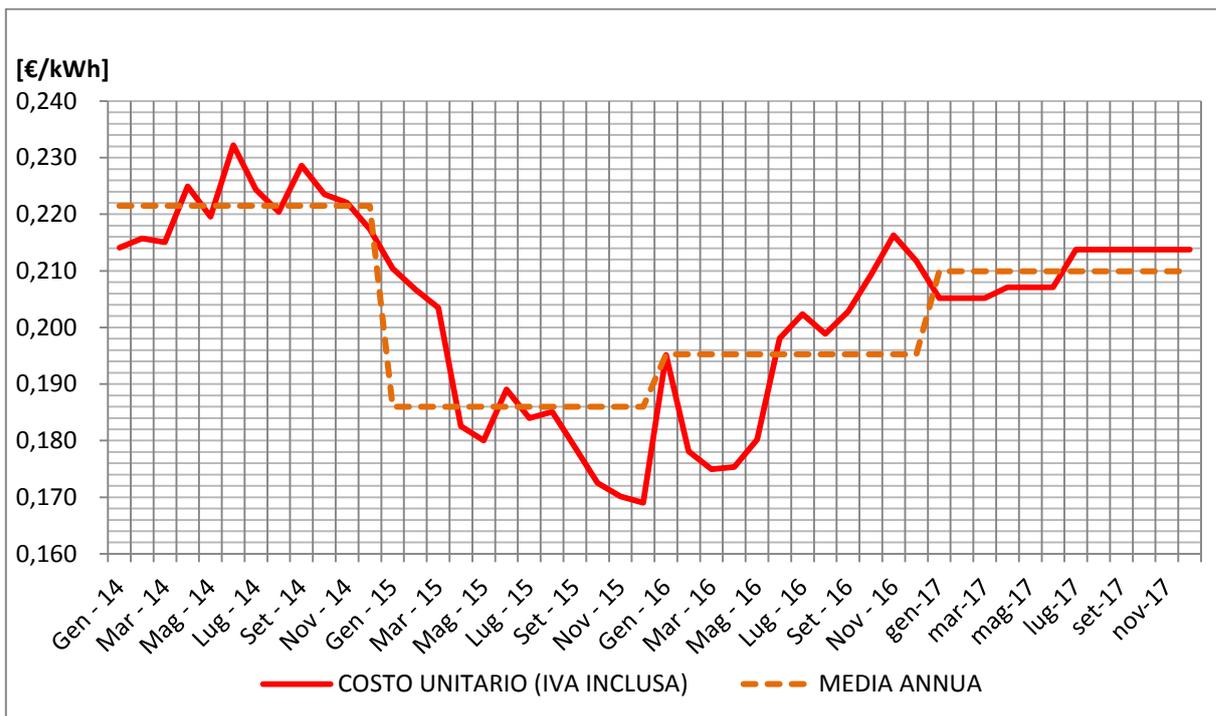
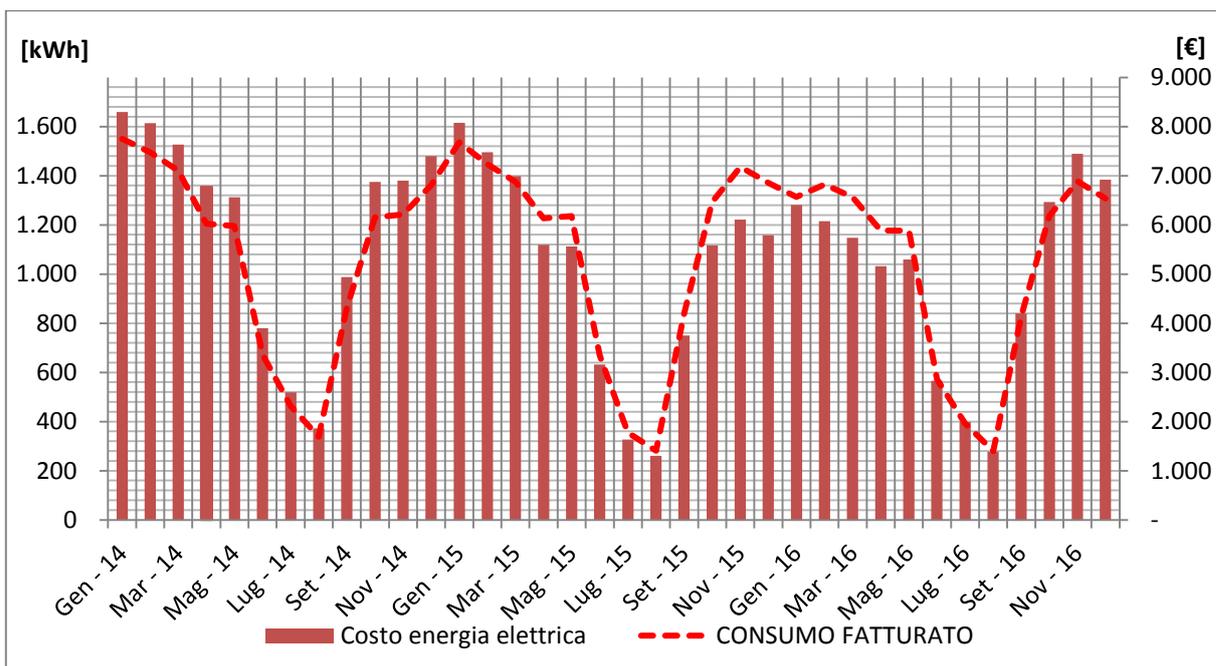


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi unitari medi dell'energia elettrica ha subito una riduzione nel 2015 per tornare a risalire nel 2016. I costi unitari per il 2017 evidenziano un ulteriore aumento del costo del vettore energetico. 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]	[€]
2014	311067 ⁽¹⁾	€ 36.984	€ 0,12	65195	14.363	0,22	€ 51.347,12
2015	174846 ⁽¹⁾	€ 19.325	€ 0,11	65323	12.208	0,19	€ 31.532,56
2016	89499	€ 8.304	€ 0,09	61686	11.986	0,19	€ 20.289,36
Media	191804	€ 21.538	€ 0,11	64068	12852	0,20	€ 34.389,68

Nota (1): Consumi di gasolio

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 0,079	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo al 2017 -5%	Cu_{EE} 0,210	[€/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:

- L1-042-151: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 26.876 € + IVA comprensivo del costo di fornitura del vettore energetico relativo al PDR1.

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:

$$C_M = C_{SIE3} - C_Q = 32.789 \text{ €} - 14.288 \text{ €} = 18.501 \text{ €}$$

dove:

- C_Q è il costo annuo del vettore energetico ricavato dal consumo di baseline moltiplicati per il costo unitario del 2017;
- C_{SIE3} è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E1668 per il PDR1

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

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

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

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} 14.615	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa agli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 3.885	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

I costi unitari dei vettori energetici precedentemente individuati, devono essere moltiplicati per i consumi normalizzati di baseline al fine di definire la baseline dei costi energetici, che verrà utilizzata per la definizione dei risparmi economici conseguibili a seguito della realizzazione delle EEM proposte.

La Baseline dei Costi è quindi definita come la somma della componente di costo di riferimento per la fornitura dei vettori energetici pre-intervento e la componente di costo di riferimento per la gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria pre-intervento.

Per la componente energetica vale la seguente formula:

$$C_E = Q_{baseline} \times Cu_Q + EE_{baseline} \times Cu_{EE}$$

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

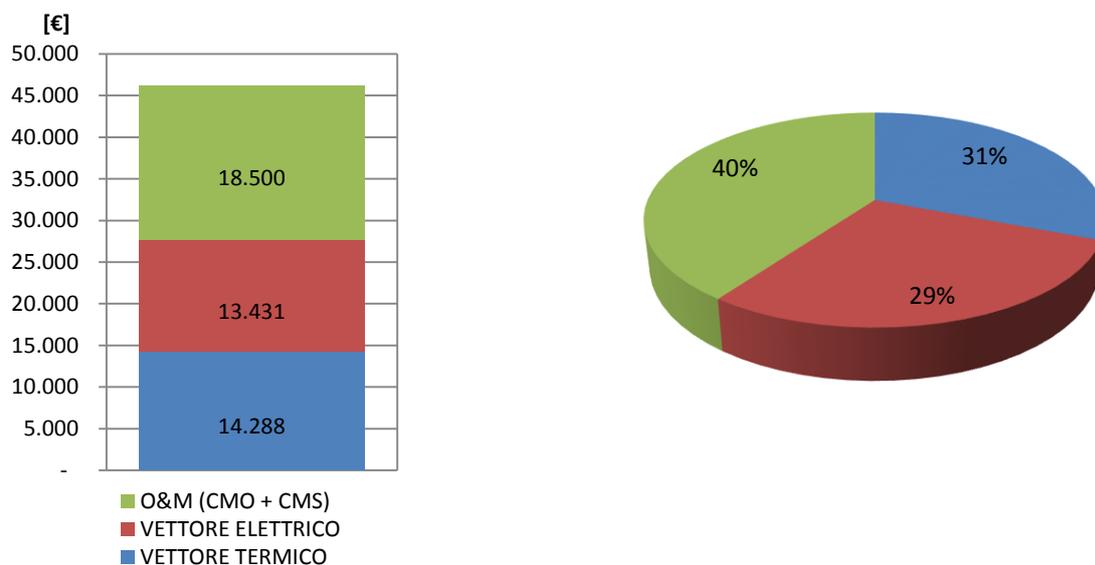
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 27.720 e un $C_{baseline}$ pari a € 46.220.

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
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
181.876	0,079	14.288	64.068	0,210	13.431	18.500	14.615	3.885	46.220

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 copertura da esterno

Generalità

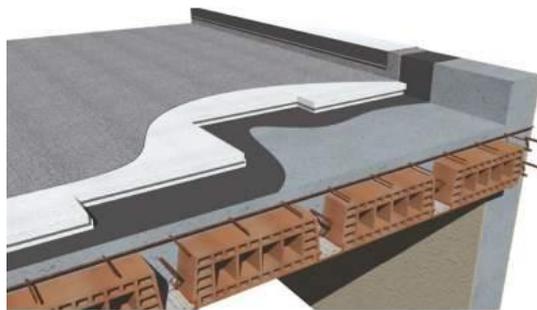
La misura prevede la coibentazione della copertura sull'estradosso del solaio esistente, in grado di ridurre le dispersioni di calore dagli ambienti interni riscaldati verso l'esterno.

Le prestazioni dell'involucro devono garantire il comfort termico e igrometrico degli spazi confinati e il contenimento dei consumi energetici mediante il soddisfacimento dei requisiti prestazionali ambientali (comfort termico all'interno sia nel periodo invernale che estivo) e tecnologici (Controllo dei fenomeni di condensa superficiale e interstiziale). Le prestazioni energetiche dell'edificio dipendono dall'efficienza dell'involucro che lo racchiude.

L'isolamento di una copertura piana dall'esterno consente di intervenire molto efficacemente in quelle coperture che per vetustà o carenze tecniche non sono più in grado di garantire il comfort termico.

La riduzione dei valori sopra citati, porta ad una riduzione dei fabbisogni di energia termica utile dell'involucro e conseguentemente una riduzione dei consumi e delle emissioni di CO₂ in ambiente.

Figura 8.1 – Particolare composizione coibentazione estradosso copertura piana



Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, al di sopra della struttura esistente, costituita dal solaio, dal massetto per creare la pendenza, dal manto impermeabile esistente, l'applicazione di:

- un nuovo strato isolante: gli isolanti impiegati possono essere, ad esempio, polistirene estruso o vetro cellulare; l'isolante impiegato deve in ogni caso essere impermeabile all'acqua, avere un basso coefficiente di dilatazione al calore e una buona resistenza meccanica;
- un nuovo manto impermeabilizzante in doppia guaina bituminosa;
- (opzionale) una protezione del manto stesso conforme all'uso che tale copertura dovrà avere: ghiaia ed argilla espansa se non praticabile, pavimentazione se praticabile.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'applicazione del Conto Termico 2.0. Si rimanda pertanto alle fasi successive la scelta più opportuna ed accurata dei materiali da installare.

Descrizione dei lavori

I lavori devono essere effettuati da impresa specializzata che rilasci una garanzia di corretta posa di tutti i componenti, con particolare attenzione agli elementi di tenuta all'acqua e all'aria. Dovranno essere utilizzate tutte le procedure di sicurezza per i lavori in quota, compresa l'installazione di ponteggi o parapetti. È importante utilizzare il giusto materiale in relazione ai carichi agenti e alle condizioni climatiche e stratigrafiche presenti.

La manutenzione deve essere realizzata con una verifica visiva dello stato di salute della guaina, con cadenze anche biennali, e in caso di forature della stessa, intervenire con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale.

Prestazioni raggiungibili

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

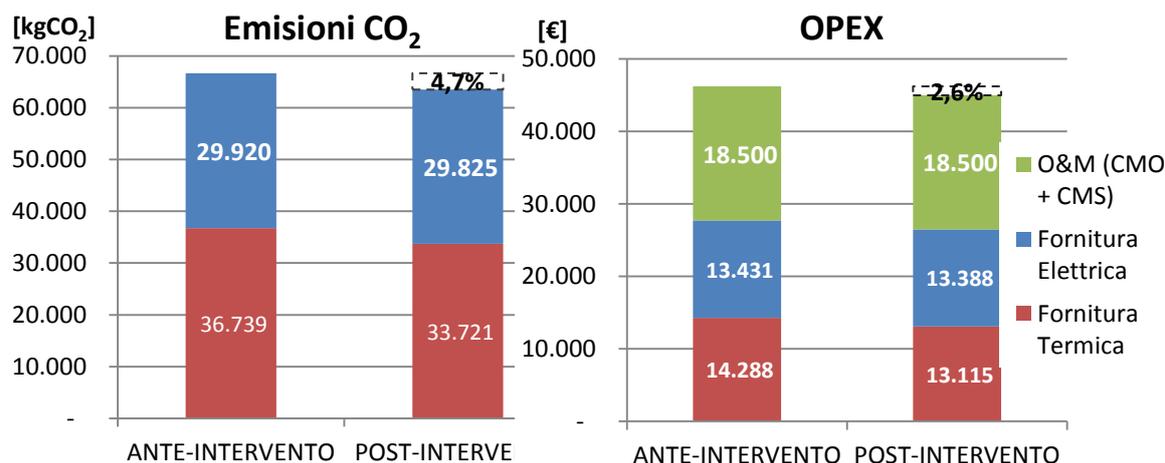
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione solaio di copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza solaio]	[W/m ² K]	1,62	0,216	86,7%
Q _{teorico}	[kWh]	186.390	171.080	8,2%
EE _{teorico}	[kWh]	62.273	62.075	0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	181.876	166.937	8,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	64.068	63.864	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	36.739	33.721	8,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.920	29.825	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.659	63.546	4,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.288	13.115	8,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.431	13.388	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	27.720	26.503	4,4%
C _{MO}	[€]	14.615	14.615	0,0%
C _{MS}	[€]	3.885	3.885	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.500	18.500	0,0%
OPEX	[€]	46.220	45.004	2,6%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



EEM2: Cappotto interno piano terzo e pareti sottofinestra

Generalità

La misura prevede la coibentazione del lato interno delle murature verticali del piano terzo e delle pareti sottofinestra o con spessore ridotto, disperdenti verso l'esterno, al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali. Questo intervento comporta una certa diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di CO₂ in ambiente.

Figura 8.3 – Particolare composizione cappotto interno



Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, l'installazione di un cappotto interno rispetto alle pareti verticali dell'edificio con l'applicazione di uno strato isolante in lana di vetro inserito tra due lastre in cartongesso intonacata sul lato interno.

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con fibra di vetro, materiale leggero, prodotto in gran parte con vetro riciclato e con bassi valori di conducibilità termica.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

E' indispensabile per tutti gli interventi dall'interno porre particolare attenzione alle verifiche termometriche e soprattutto alla condensa interstiziale.

La parete perimetrale infatti rimane fredda e quindi il rischio di condense negli strati freddi potrebbe aumentare, è indispensabile quindi verificare le condizioni termometriche e il flusso di vapore che attraversa la parete se è smaltito. Si consiglia comunque una barriera al vapore verso l'interno sulla faccia calda dell'isolante o sulle lastre di rivestimento.

E' fondamentale la corretta stuccatura dei giunti sulle lastre esterne per evitare possibili crepe o segnature nei punti di giunzione dei pannelli.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Cappotto interno

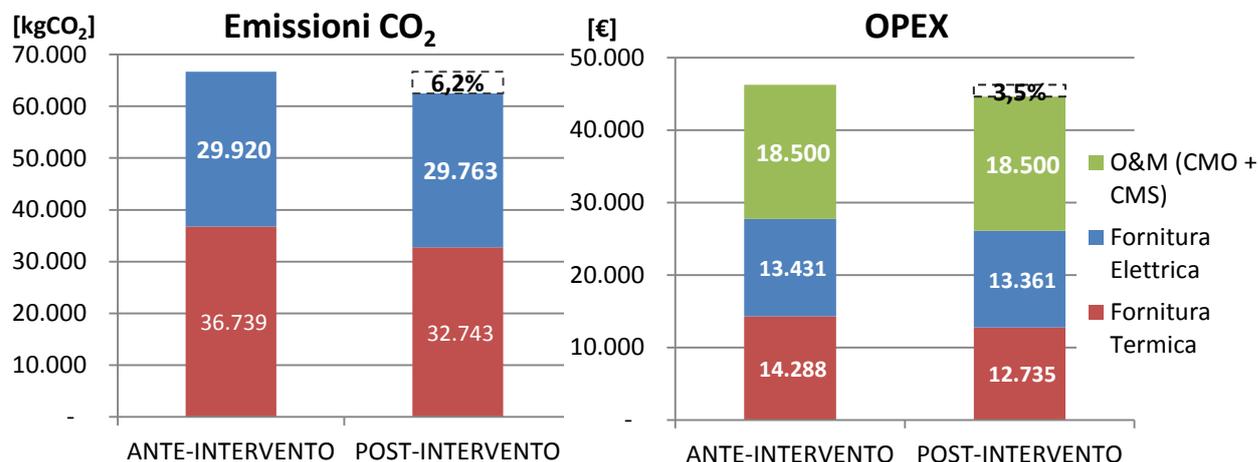
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Trasmittanza media pareti]	[W/m ² K]	0,97	0,25	74,2%
Q _{teorico}	[kWh]	186.390	166.119	10,9%
EE _{teorico}	[kWh]	62.273	61.947	0,5%
Q _{baseline}	[kWh]	181.876	162.096	10,9%

EE _{Baseline}	[kWh]	64.068	63.733	0,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	36.739	32.743	10,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.920	29.763	0,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.659	62.507	6,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.288	12.735	10,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.431	13.361	0,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	27.720	26.095	5,9%
C _{MO}	[€]	14.615	14.615	0,0%
C _{MS}	[€]	3.885	3.885	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.500	18.500	0,0%
OPEX	[€]	46.220	44.596	3,5%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



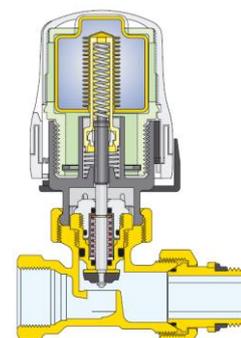
8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: 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 EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche e circolatore giri variabili

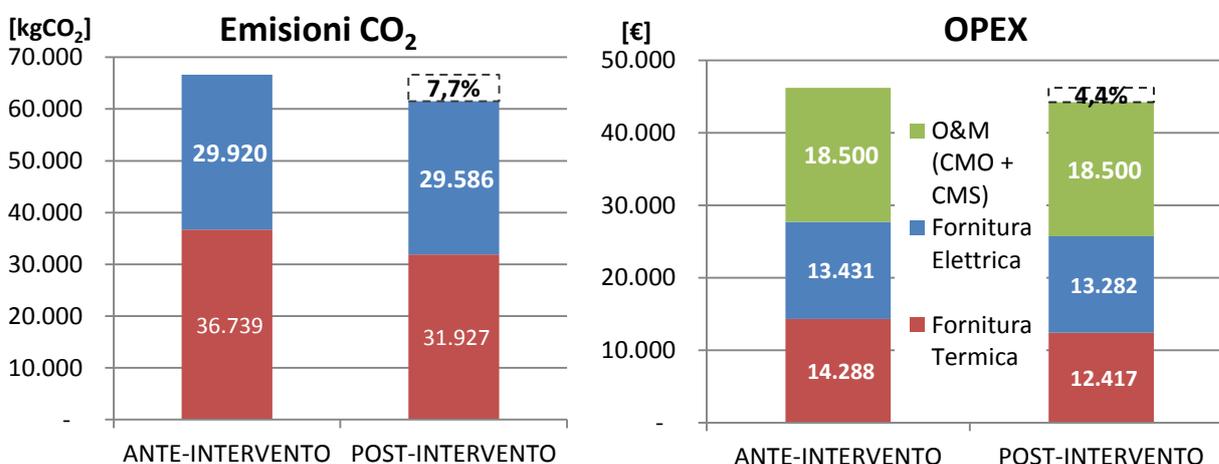
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Rendimento di regolazione]	[%]	85	99	16,5%
Q _{teorico}	[kWh]	186.390	161.975	13,1%
EE _{teorico}	[kWh]	62.273	61.579	1,1%
Q _{baseline}	[kWh]	181.876	158.052	13,1%
EE _{baseline}	[kWh]	64.068	63.354	1,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	36.739	31.927	13,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.920	29.586	1,1%

Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	66.659	61.513	7,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.288	12.417	13,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.431	13.282	1,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	27.720	25.698	7,3%
C _{MO}	[€]	14.615	14.615	0,0%
C _{MS}	[€]	3.885	3.885	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.500	18.500	0,0%
OPEX	[€]	46.220	44.199	4,4%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

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

Figura 8.5 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



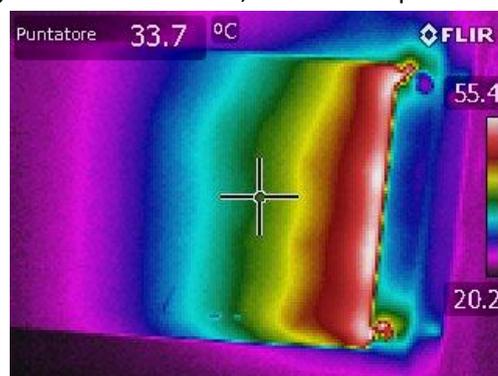
Intervento consigliato: Espulsione dell'aria delle tubazioni dell'impianto

Generalità

Al momento del sopralluogo è stato comunicato dal personale della scuola un problema di malfunzionamento di alcuni radiatori nelle aule del piano terzo dell'edificio. Tali radiatori risultano quasi completamente freddi nonostante l'accensione dell'impianto di riscaldamento.

Si è provveduto quindi ad effettuare un rilievo termografico dei radiatori, di cui si riporta un termogramma nella figura sottostante:

La foto termografica mostra un passaggio dell'acqua calda all'interno del radiatore solo nella fascia vicina ai tubi di entrata e uscita dell'acqua. Man mano che ci si allontana verso l'altro estremo del radiatore il calore diminuisce notevolmente fino ad acquisire la stessa temperatura dell'aria ambiente. Il radiatore lavora attualmente al 10% della sua potenza.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Tale circostanza evidenzia la presenza di aria all'interno del radiatore.

Le cause possono essere principalmente:

- Aria non espulsa durante la fase di riempimento dell'impianto

- Ostruzione all'interno del radiatore
- Problemi di pressione dell'impianto: se l'impianto lavora in depressione, cioè la somma tra la pressione statica dell'impianto e la depressione dinamica indotta dalla pompa di circolazione è negativa.

Quest'ultimo caso può verificarsi maggiormente ai piani più alti dell'edificio come nel presente caso.

Descrizione dei lavori

Verificare che le tubazioni in condizioni di esercizio operino a pressioni maggiori di quella atmosferica.

Prevedere sul punto più alto dell'impianto un dispositivo automatico di disareazione al fine di ottenere una distribuzione omogenea delle portate d'acqua all'interno dell'impianto e prevenire problemi di ossidazione dei radiatori.

Nel caso il radiatore fosse invece otturato per la presenza di fanghi è bene fare una pulizia profonda dell'impianto per rimuovere tracce di fango, ruggine o detriti depositati nel tempo all'interno delle tubazioni.

8.1.3 Impianto di produzione ACS

Non sono stati proposti interventi migliorativi relativi all'impianto di produzione di ACS in quanto un intervento di questa tipologia non risulta conveniente dal punto di vista economico. Dall'analisi svolta infatti, risulta che la produzione di ACS avviene per mezzo di un generatore di acqua calda sanitaria istantaneo. Inoltre il consumo di ACS occupa una percentuale di consumo ridotta, pari al 8% del consumo complessivo di metano per riscaldamento e ACS. Tali condizioni non farebbero rientrare i tempi di investimento all'interno della vita utile del nuovo generatore.

8.1.4 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 poche tipologie principali che nel progetto di efficientamento dei corpi illuminanti hanno trovato le corrispondenze riportate nella seguente tabella.

Figura 8.6 – 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	NR LAMPADE/PLAFONIERA	NUMERO LAMPADE TOT	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]					[W]	[W]
Faretti alogeni	15	1	200	3000	Faretti LED	15	1	15	47	705
T8 Fluorescenti 1X18	21	1	18	378	LED 1x10W	21	1	21	10	210
T8 Fluorescenti 1X36	111	1	36	3996	LED 1x16W	111	1	111	16	1776
T8 Fluorescenti 2X18	6	2	36	216	LED 2x10W	6	2	12	10	120
T8 Fluorescenti 2X36	252	2	72	18144	LED 2x16W	252	2	504	16	8064
T8 Fluorescenti 4X18	28	4	72	2016	PANEL LED	28	-	-	32	896
Circoline 2X25	4	2	50	200	Circoline LED	4	-	-	20	80

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.7.

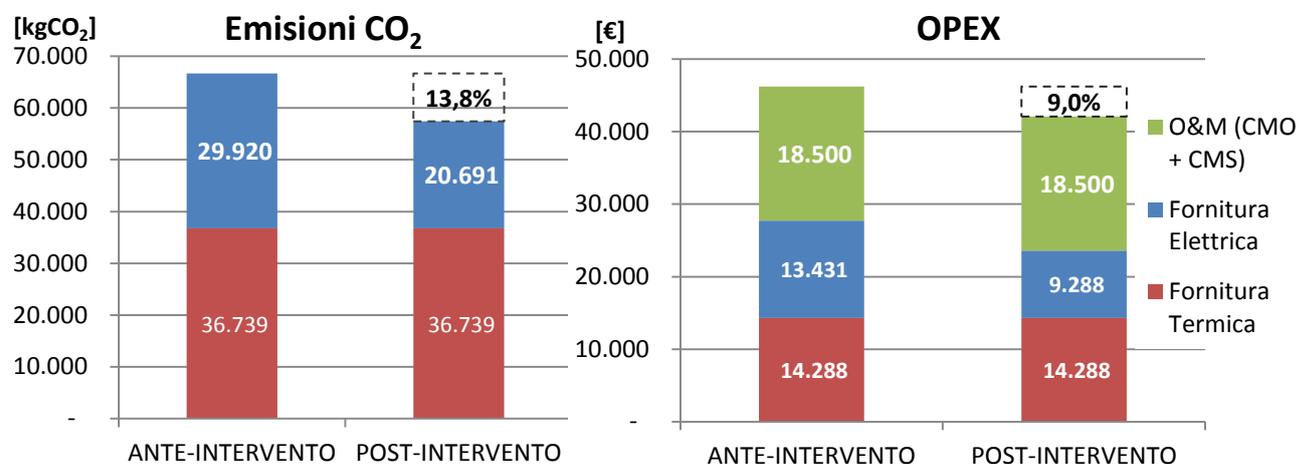
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 [Potenza lampade]	[kW]	27	13	51,9%
Q _{teorico}	[kWh]	186.390	186.390	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	62.273	43.065	30,8%
Q _{baseline}	[kWh]	181.876	181.876	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	64.068	44.306	30,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	36.739	36.739	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.920	20.691	30,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.659	57.430	13,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.288	14.288	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.431	9.288	30,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	27.720	23.577	14,9%
C _{MO}	[€]	14.615	14.615	0,0%
C _{MS}	[€]	3.885	3.885	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.500	18.500	0,0%
OPEX	[€]	46.220	42.077	9,0%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

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

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

Figura 8.7 – 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 solaio di copertura

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione del solaio piano di copertura dell'edificio dall'esterno, per mezzo di una stesura di pannelli EPS sormontati da un nuovo manto impermeabilizzante in guaina bituminosa. L'intervento è stato calcolato con uno spessore dell'isolante pari a 13 cm e una conducibilità pari a 0,033 W/mk per raggiungere la trasmittanza limite richiesta per l'accesso al conto termico pari a 0,22 W/mqK.

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'esterno (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 200 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 70 €/mq

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

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE	
				SCONTO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)		
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]	
25.A05. C10.010	Demolizione di manti impermeabili costituiti da guaine bituminose, cartonfeltri e simili, su superfici piane o inclinate, escluso sottofondo.	Prezzario Liguria	930	m2	€ 6,25	€ 5.817	22%	€ 7.096
PR.A17. U03.010	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, densità compresa tra 18-28 kg/m ³ euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE lambda pari a 0.033 W/mK, per isolamento termico di pareti e solai. Sp. 13 cm (0,7€/cm)	Prezzario Liguria	930	m2	€ 8,27	€ 7.694	22%	€ 9.386
03.P10. B01.005	Guaina in fibre di polietilene, barriera al vento e all'acqua, traspirante, esente da esalazioni di sostanze tossiche. Rotolo	Prezzario Piemonte	930	m2	€ 13,95	€ 12.978	22%	€ 15.833
25.A44. A50.010	Solo posa di isolamento termico-acustico superfici orizzontali (coperture e simili) eseguito con pannelli isolanti di spessore fino a cm 10, posti in opera mediante fissaggio con chiodi di materiale plastico e la sigillatura dei giunti con nastro adesivo plastificato.	Prezzario Liguria	930	m2	€ 6,07	€ 5.648	22%	€ 6.890
25.A48. A30.010	Solo posa in opera di membrane bituminose semplici, autoprotette, rivestite con lamine metalliche e simili, mediante rinvenimento a fiamma, su superfici pianeggianti o con pendenza fino a 30 gradi di inclinazione	Prezzario Liguria	930	m2	€ 10,74	€ 9.985	22%	€ 12.181
AT.N20. S10.065	Ponteggio per castello di servizio 3,60x1,10 m (due castelli affiancati) misurato in altezza	Prezzario Liguria	22	m	€ 174,59	€ 3.841	22%	€ 4.686
28.A05. B10	PARAPETTO anticaduta in assi di legno dell'altezza minima di 1,00 m dal piano di calpestio e delle tavole fermapiè, da realizzare per la protezione contro il vuoto, (es.: rampe delle scale, vani ascensore, vuoti sui solai e perimetri degli stessi, cigli degli scavi, balconi, etc), fornito e posto in opera. Sono compresi: il montaggio con tutto ciò che occorre per eseguirlo e lo smontaggio anche ripetuto durante le fasi di lavoro; l'accatastamento e l'allontanamento a fine opera. Misurato a metro lineare posto in opera	Prezzario Regione Piemonte	175	m	€ 13,95	€ 2.442	22%	€ 2.979
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.452	22%	€ 1.772

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO O SCONTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 3.388	22%	€ 4.134
TOTALE (I₀ – EEM1)					€ 53.244	22%	€ 64.958
Incentivi	[Conto termico]						€ 25.983
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 5.197

EEM2: Isolamento pareti P3 con cappotto interno

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'isolamento delle pareti perimetrali disperdenti sul lato interno, per mezzo di strato isolante in lana di vetro e cartongesso di chiusura.

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:

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 58,60 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Cappotto interno

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/m ² cm]	[€]	[%]	[€]
1C.06.550.03 10.f	Controparete termoisolante e fonoassorbente realizzata con lastre in gesso rivestito a bordi assottigliati, spessore 12,50 mm, incollate a pannelli di lana di vetro idrorepellente prodotta con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale che garantisce la massima qualità dell'aria, con barriera al vapore costituita da un foglio di alluminio interposto tra il pannello in lana di vetro e la lastra di gesso rivestito. Conducibilità termica dichiarata λ_D spessori 20 + 50 mm 0,031 W/m.K (lana di vetro); ... Applicate direttamente alla parete con incollaggi in gesso, compresa la rasatura dei giunti, i piani di lavoro interni e l'assistenza muraria, negli spessori mm: - spessore 12,50 + 80 mm di lana di vetro	Prezzario Milano	995	mq	€ 41,1	€ 37.177	22%	€ 45.356
20.A90.B20.0 10	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	995	m2	€ 7,0	€ 6.287	22%	€ 7.670
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.304	22%	€ 1.591
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 3.042	22%	€ 3.712
	TOTALE (I₀ – EEM1)					€ 47.810	22%	€ 58.328

Incentivi	Conto termico	€ 23.331
Durata incentivi		5
Incentivo annuo		€ 4.666

EEM3: Installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i 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: 2,23 €/mq

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2 – Regolazione impianto termico con valvole termostatiche

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					PREZZARI	SCONTO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(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	100	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 3.220,00	22%	€ 3.928,40
PR.C47. H10.085	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 60 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.293,13	€ 2.084,66	€ 2.084,66	22%	€ 2.543,29
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
RU.M01. E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.159,27	22%	€ 1.414,31
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 197,19	22%	€ 240,57
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 460,11	22%	€ 561,34
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 7.230	22%	€ 8.821
Incentivi		[Conto termico]							€ 3.528,42
Durata incentivi									5
Incentivo annuo									€ 705,68

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: 10,40 €/mq

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Retrofit illuminazione

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m²]	[€/n° o €/m²]	[€]	[%]	[€]
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	33	cad	€ 23,61	€ 21	€ 708	22%	€ 864
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	615	cad	€ 34,69	€ 32	€ 19.395	22%	€ 23.662
1E.06.060.0040.a	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 IP65-IK08 - equipaggiato con lampade led 4000K 6400 Lm potenza 47 w	Prezzario Milano	15	cad	€ 285,30	€ 259	€ 3.890	22%	€ 4.746
1E.06.060.0130.b	Plafoniera tonda per interni ed esterni. Prodotto in conformità alle norme EN 60598-1 CEI 34-21, classe di isolamento II e grado di protezione IP65 - IK08 in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo in policarbonato infrangibile ed autoestingente diffusore in policarbonato trasparente, internamente satinato antiabbagliamento, infrangibile ed autoestingente, stabilizzato ai raggi UV, esternamente liscio antipolvere; equipaggiata con lampada led 4000K da - diametro: 1750 lm potenza 20 w - Ø 390 mm	Prezzario Milano	4	cad	€ 136,51	€ 124	€ 496	22%	€ 606
1E.06.060.0120.b	Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione. Prodotto in conformità alle norme EN 60598-1 CEI 34-21, classe di isolamento I e grado di protezione IP40 - IK06 in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e cornice stampato in policarbonato bianco infrangibile ed autoestingente, diffusore estruso in tecnopolimero opale ad alta trasmittanza, completa di sistema dimmer; equipaggiata con lampada led 4000K 3700 lm potenza 31 w, modulo da: 600 x 600 mm	Prezzario Milano	28	cad	€ 246,63	€ 224	€ 6.278	22%	€ 7.659
TOTALE PARZIALE							€ 30.768	22%	€ 37.537

Costi per la sicurezza	-	3%	%	€ 923	22%	€ 1.126
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€ 2.154	22%	€ 2.628
TOTALE (I₀ – EEM1)				€ 33.845	22%	€ 41.290
Incentivi						€ 16.516
Durata incentivi						5
Incentivo annuo						€ 3.303

Nota (1) 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 di copertura

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 copertura

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	64.958
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	5.197
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	43,2	25,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	65,7	37,4
Valore attuale netto	VAN	- 36.363	- 13.229
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,7%	0,9%
Indice di profitto	IP	-0,56	-0,20

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

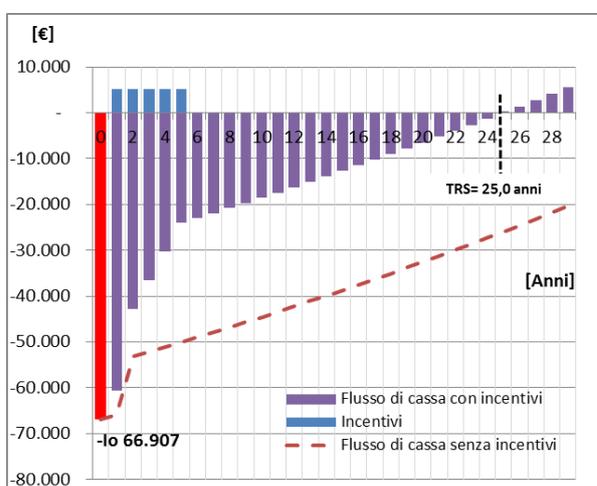
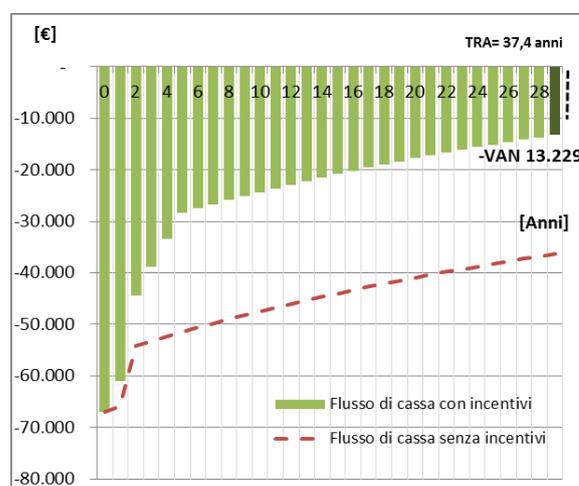


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un ritorno economico molto lungo nel tempo, che rientra nella vita utile del componente solo considerando gli incentivi del conto termico senza attualizzazione dei flussi di cassa. Tuttavia l'intervento si presenta molto fattibile dal punto di vista tecnico, pertanto si invita a considerarlo in caso di necessità di manutenzione straordinaria della guaina impermeabile esistente in copertura.

Sarà comunque verificata la fattibilità economica all'interno di uno scenario di riqualificazione con TRS<25 anni.

EEM2: Isolamento pareti con cappotto interno

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	Io	€	58.328
Oneri Finanziari %Io	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	nIVA	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	4.666

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	31,6	17,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	50,0	31,7
Valore attuale netto	VAN	- 24.028	- 3.255
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,4%	3,3%
Indice di profitto	IP	-0,41	-0,06

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

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

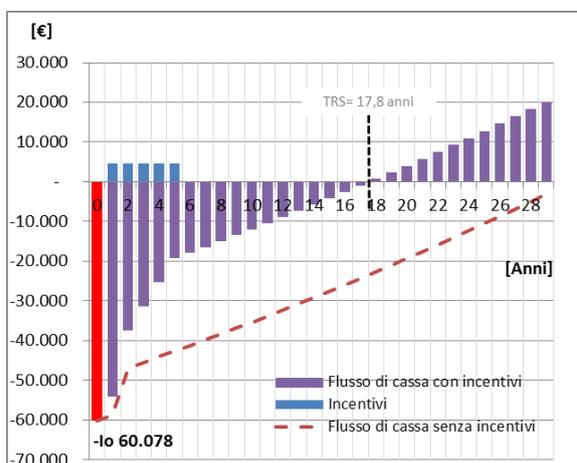
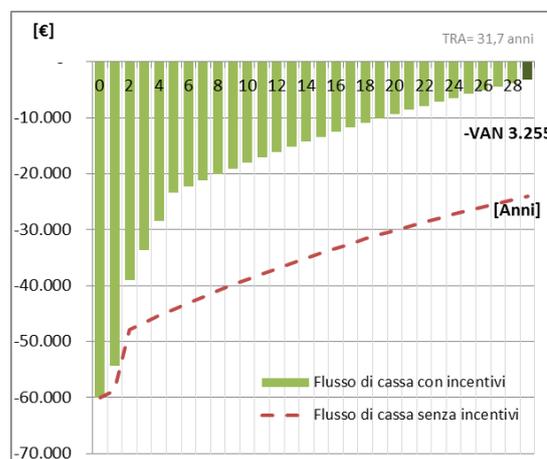


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un ritorno economico semplice conveniente rispetto alla sua vita utile solo se accompagnato dagli incentivi. Considerando i flussi di cassa attualizzati l'intervento singolarmente non risulta conveniente da un punto di vista costi-benefici, tuttavia si valuterà la convenienza all'interno di un scenario di riqualificazione comprendente più interventi di efficientamento energetico.

EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

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– Installazione VT

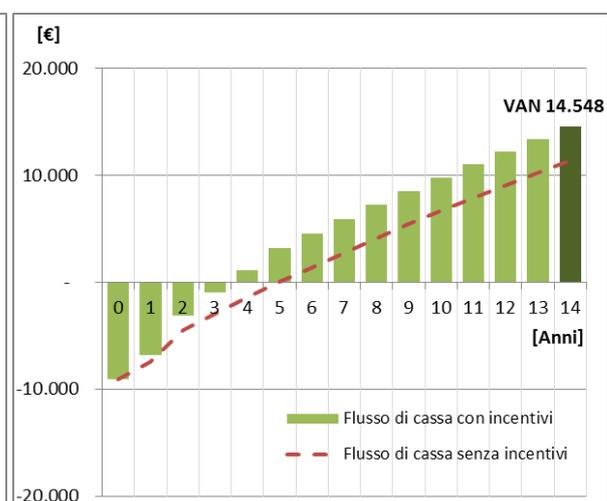
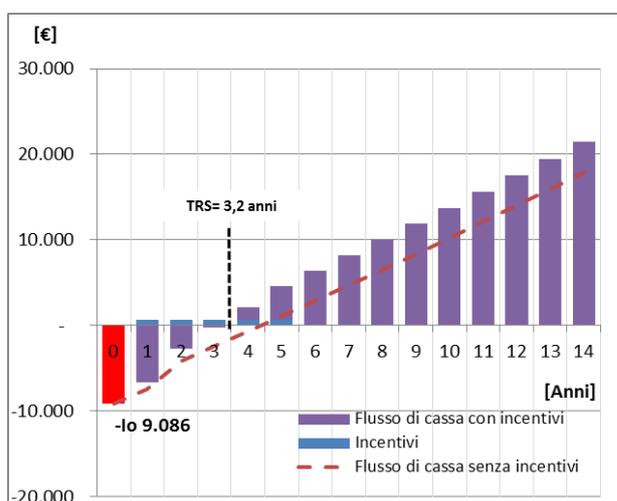
PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	8.821
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	706

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	4,5	3,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,0	3,6
Valore attuale netto	VAN	11.406	14.548
Tasso interno di rendimento	TIR	20,3%	26,8%
Indice di profitto	IP	1,29	1,65

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 ritorno economico conveniente rispetto alla sua vita utile con e senza incentivi.

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

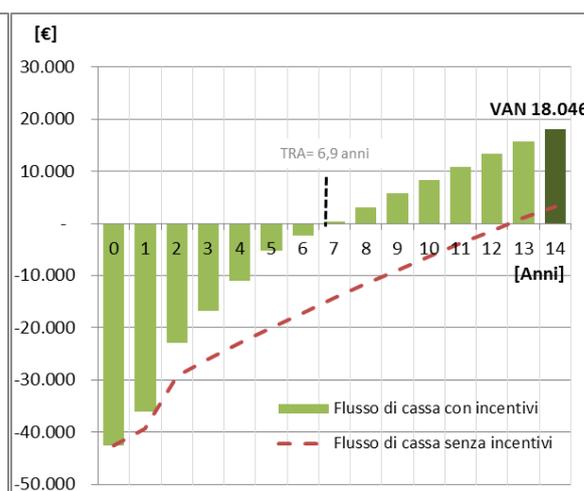
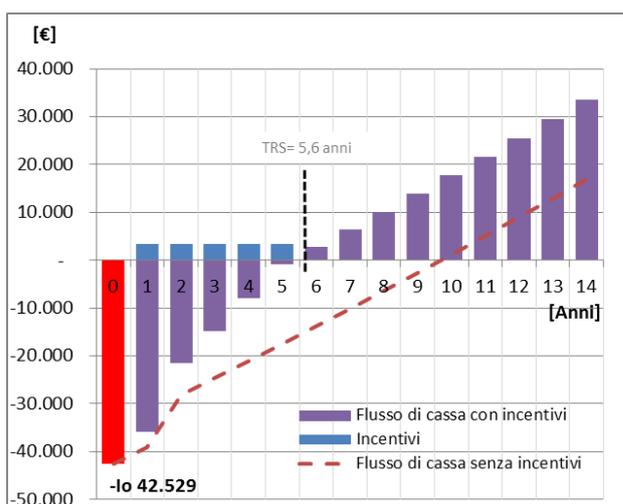
PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	41.290
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	3.303
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	9,7	5,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	12,7	6,9
Valore attuale netto	VAN	3.341	18.046
Tasso interno di rendimento	TIR	5,3%	11,7%
Indice di profitto	IP	0,08	0,44

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	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
		[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM Copertura	1:	6,2%	4,7%	1216	0	0	64958	43,2	65,7	30	-36363	-2,7%	-0,56
EEM Cappotto	2:	8,2%	6,2%	1624	0	0	58328	31,6	50,0	30	-24028	-0,4%	-0,41
EEM 3: Valvole termostatiche		10,0%	7,7%	2021	0	0	8821	4,5	5,0	15	11406	20,3%	1,29
EEM 4: Corpi illuminanti		8,0%	13,8%	4143	0	0	41290	9,7	12,7	15	3341	5,3%	0,08

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che 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											
		% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
		[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM Copertura	1:	6,2%	4,7%	1216	0	0	64958	25,0	37,4	30	-13229	0,9%	-0,20
EEM Cappotto	2:	8,2%	6,2%	1624	0	0	58328	17,8	31,7	30	-3255	3,3%	-0,06
EEM 3: Valvole termostatiche		10,0%	7,7%	2021	0	0	8821	3,2	3,6	15	14548	26,8%	1,65
EEM 4: Corpi illuminanti		8,0%	13,8%	4143	0	0	41290	5,6	6,9	15	18046	11,7%	0,44

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi sull'involucro hanno tempi di ritorno economici molto lunghi. Tuttavia questi potrebbero essere presi in considerazione in caso di manutenzione straordinaria sul componente o insieme ad altri interventi in uno scenario unico di miglioramento

energetico delle prestazioni dell'edificio. 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 n-esimo.

2) *Loan Life Cover Ratio* (LLCR):

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: TRS<15 ANNI:** tale scenario consiste nell'efficientamento dell'impianto di illuminazione attraverso la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con altri ad altissima efficienza e dell'impianto termico attraverso l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e la sostituzione del circolatore esistente con uno a giri variabili con tecnologia a inverter.
- **Scenario 2: TRS<25 ANNI:** tale scenario consiste in un insieme di interventi sia sull'impianto che sull'involucro edilizio, scelti in funzione del maggiore rapporto costi-benefici ottenibile e dei vincoli architettonici presenti sull'immobile. In particolare è stato valutato l'isolamento del piano terzo e delle pareti sottofinestra i quali presentano spessori notevolmente inferiori rispetto al resto della muratura piena dell'edificio; l'isolamento viene proposto per mezzo di un cappotto interno, dato il vincolo architettonico che non permette di effettuare modifiche sulle facciate dell'edificio. Gli altri interventi considerati sugli impianti sono la regolazione del riscaldamento tramite l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti, l'installazione di una pompa di circolazione a giri variabili 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 di seguito elencate:

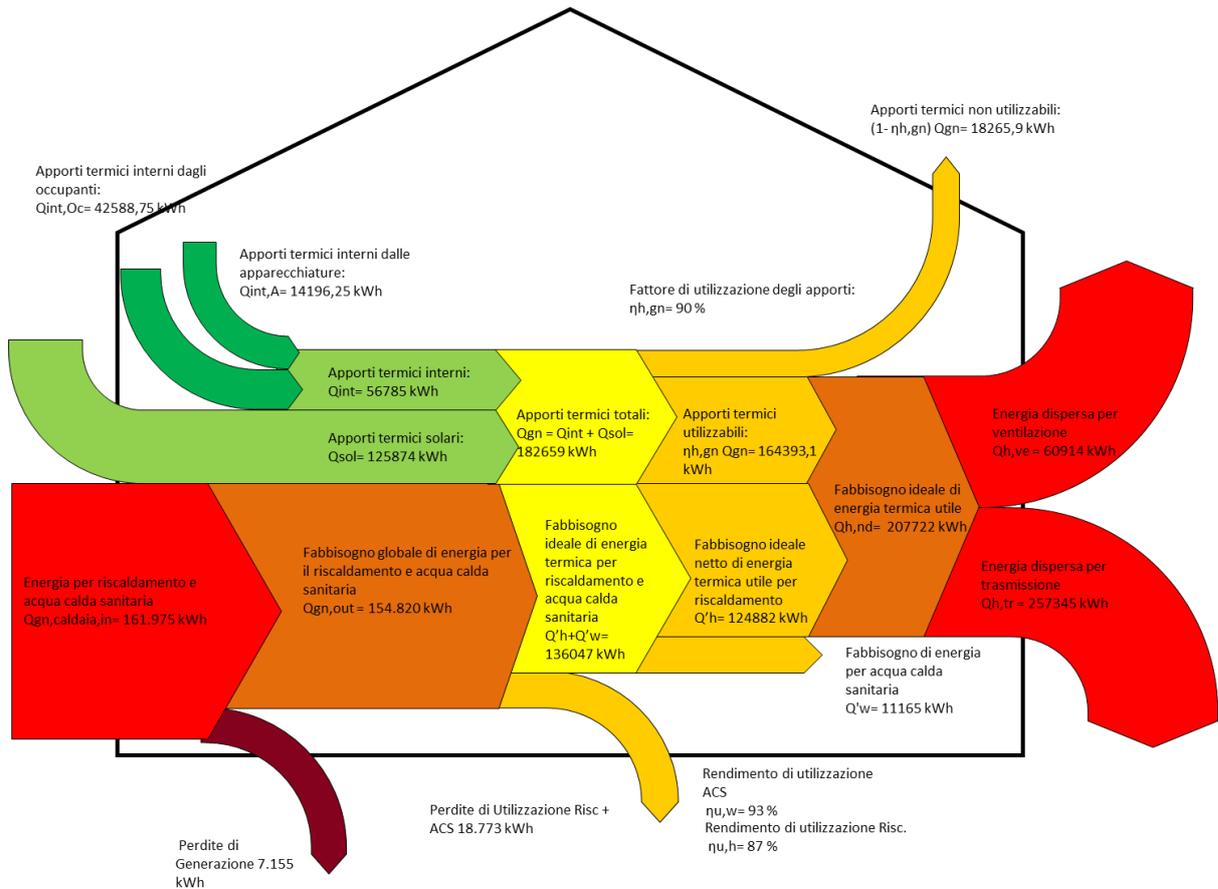
Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 FPO valvole termostatiche e pompa inverter	6573	1446	8019
EEM4 FPO lampade LED	30768	6769	37537
Costi per la sicurezza	1120	246	1367
Costi per la progettazione	2614	575	3189
TOTALE (I₀)	41075	9037	50112
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{Ms} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 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]	20045	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		4009	

L'incentivo complessivo è stato valutato secondo quanto riportato nell'Allegato I del Conto Termico 2.0

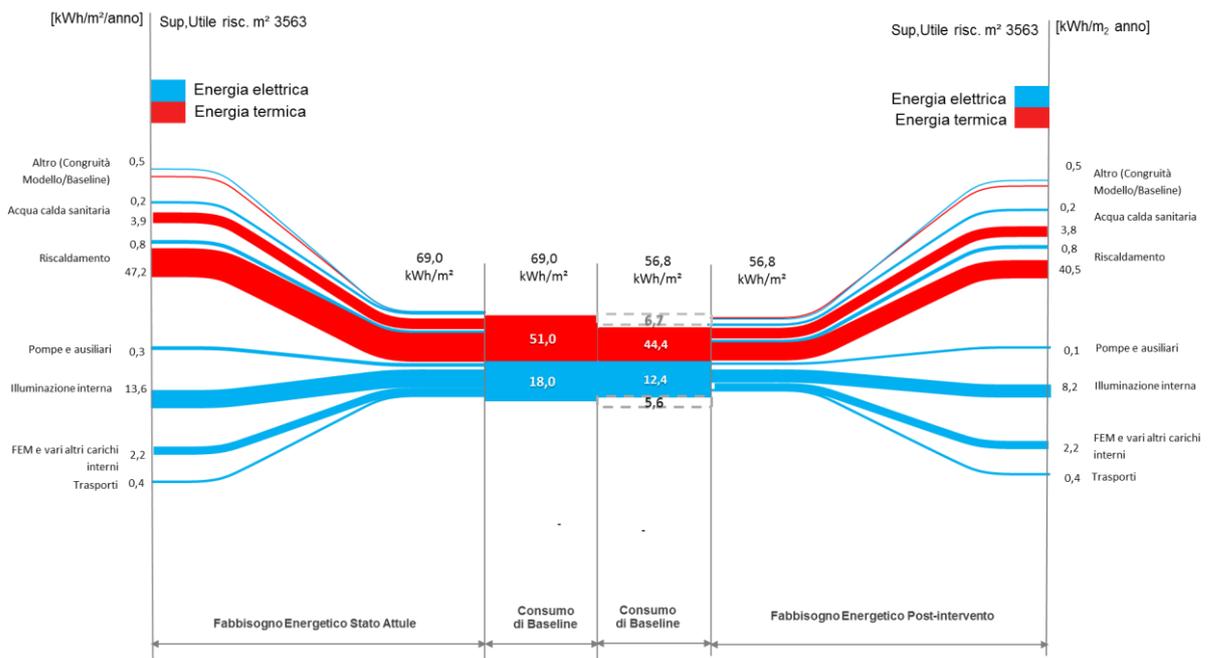
A seguito della modellazione dello scenario ottimale è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 che si ha una diminuzione delle perdite di utilizzazione del riscaldamento grazie alla regolazione dell'impianto, di conseguenza una diminuzione del fabbisogno di energia termica dell'impianto.

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

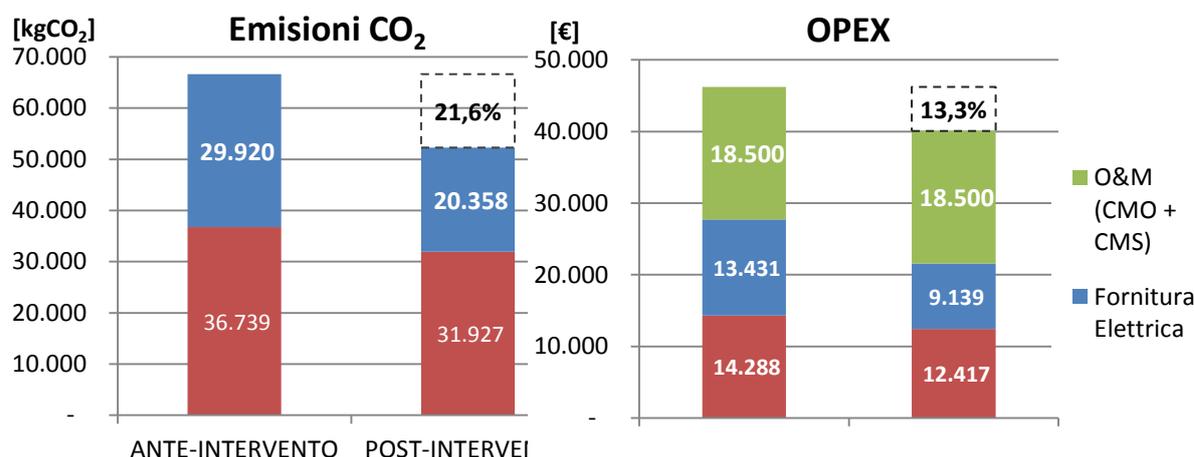


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11.

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – TRS <15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Rendimento di regolazione]	[%]	85	99	16,5%
EM4 [Potenza lampade]	[kW]	27	13	51,9%
Q _{teorico}	[kWh]	186.390	161.975	13,1%
EE _{teorico}	[kWh]	62.273	42.371	32,0%
Q _{baseline}	[kWh]	181.876	158.052	13,1%
EE _{baseline}	[kWh]	64.068	43.592	32,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	36.739	31.927	13,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.920	20.358	32,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.659	52.284	21,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.288	12.417	13,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.431	9.139	32,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	27.720	21.556	22,2%
C _{MO}	[€]	14.615	14.615	0,0%
C _{MS}	[€]	3.885	3.885	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.500	18.500	0,0%
OPEX	[€]	46.220	40.056	13,3%
Classe energetica (APE)	[-]	E	E	+0 classi

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, l'investimento resta comunque conveniente 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		6
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	50.112
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	1.503
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	51.615
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	41.292
Equity	I_E	€	10.323
Fattore di annualità Debito	FA _D		5,35
Rata annua debito	q_D	€	7.711
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	46.267
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	4.975

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	22.721
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	15.164
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	37.885
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E		22,2%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2.781
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	49.926
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	6.036
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		22,14%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	816
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	355

Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.610
Canone O&M €/anno	CnM	€ 15.745
Canone Energia €/anno	CnE	€ 19.359
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 35.104
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 2.781
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 37.885
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 9.037
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 20.045
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.	6,78
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,21
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 5.685
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	6,71%
Indice di Profitto	IP	11,34%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	8,17
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,94
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 2.627
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	14,31%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,057
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,475
Indice di Profitto Azionista	IP	5,24%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

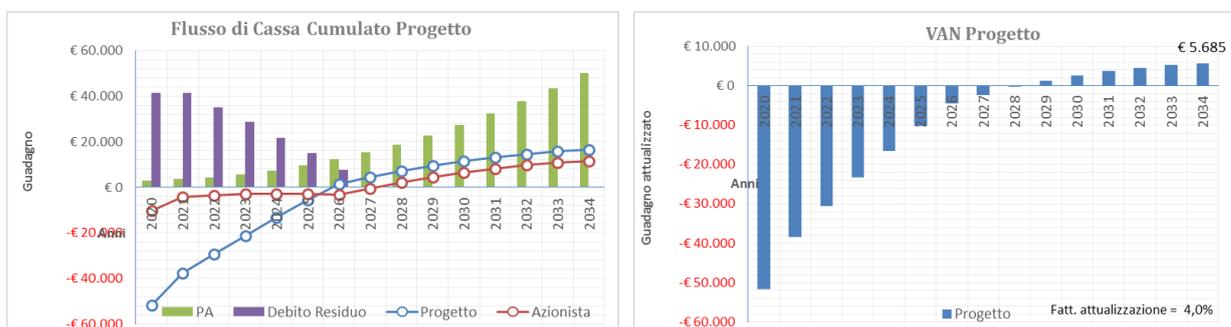


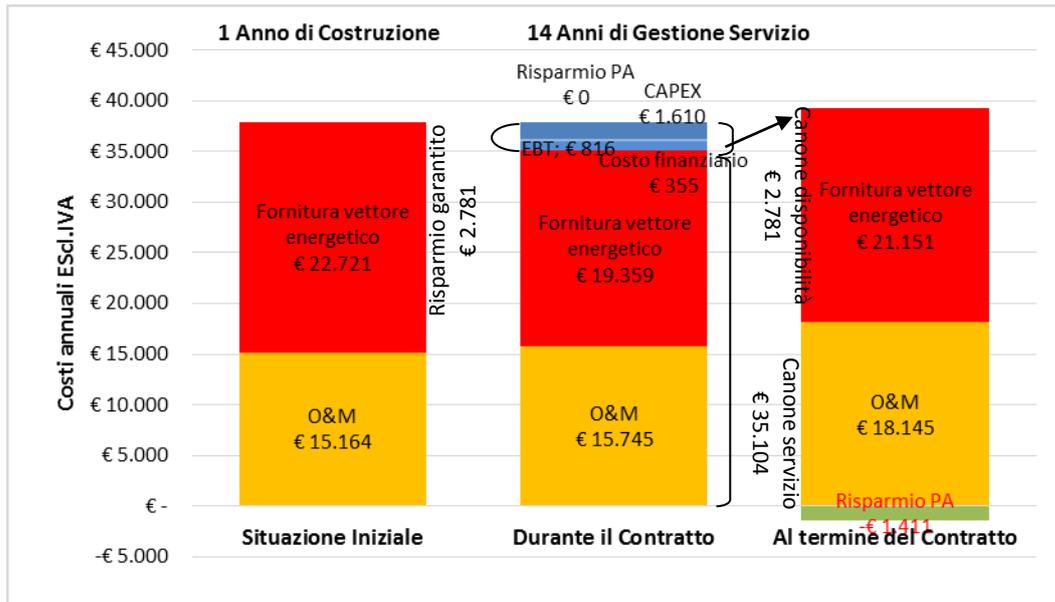
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che con le condizioni economico-finanziarie ipotizzate, gli interventi dello scenario risultano convenienti come investimento, sia per il progetto che per l'azionista.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14. In questo caso, con gli indici finanziari ipotizzati, non risulta possibile un risparmio per la PA alla fine del contratto.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: TRS < 25 ANNI

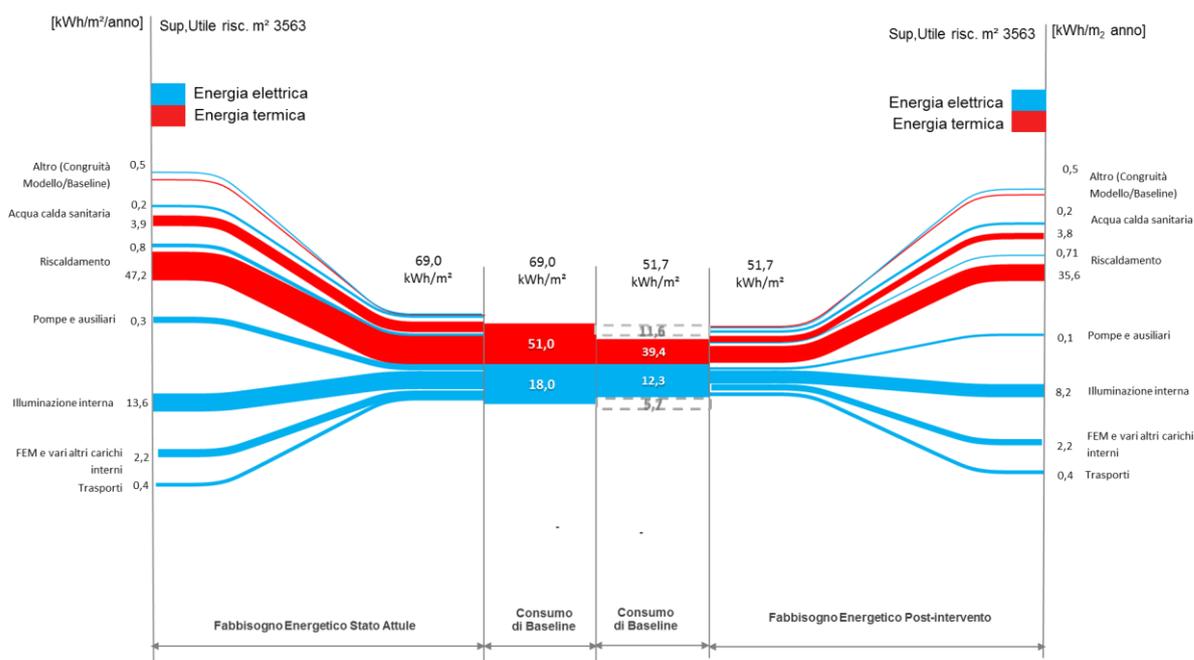
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 FPO Cappotto interno	43463	9562	53025
EEM3 FPO valvole termostatiche e inverter	6573	1446	8019
EEM4 FPO lampade LED	30768	6769	37537
Costi per la sicurezza	2424	533	2957
Costi per la progettazione	5656	1244	6901
TOTALE (I₀)	88885	19555	108439
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{Ms} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 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]	43376	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		8675	

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



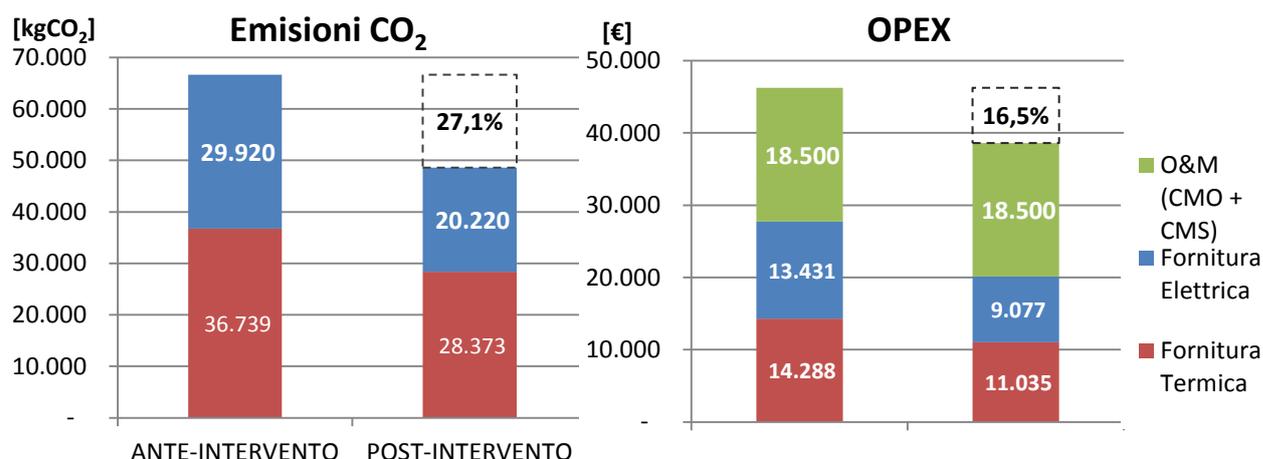
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.17

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – TRS <25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM2 [Trasmittanza media pareti]	[W/m²K]	0,97	0,25	74,2%
EM2 [Rendimento di regolazione]	[%]	85	99	16,5%
EM4 [Potenza lampade]	[kW]	27	13	51,9%
Q _{teorico}	[kWh]	186.390	143.947	22,8%
EE _{teorico}	[kWh]	62.273	42.085	32,4%
Q _{baseline}	[kWh]	181.876	140.461	22,8%
EE _{baseline}	[kWh]	64.068	43.298	32,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	36.739	28.373	22,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.920	20.220	32,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.659	48.593	27,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.288	11.035	22,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.431	9.077	32,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	27.720	20.112	27,4%
C _{MO}	[€]	14.615	14.615	0,0%
C _{MS}	[€]	3.885	3.885	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.500	18.500	0,0%
OPEX	[€]	46.220	38.612	16,5%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/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	15
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 108.439
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.253
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 111.692
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 89.354
Equity	I_E	€ 22.338
Fattore di annualità Debito	FA _D	11,41
Rata annua debito	q_D	€ 7.834

Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	117.503
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	28.149

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	22.721
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	15.164
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	37.885
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		27,4%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2.514
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	142.601
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	8.396
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		-14,84%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	691
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.173
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.032
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	16.149
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	19.222
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	35.371
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	2.514
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	37.885
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	19.555
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	43.376
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.		11,68
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		6,24
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€	8.698
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC		2,13%
Indice di Profitto	IP		-8,02%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		13,00
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		15,21
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€	650
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		10,05%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,053
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1		0,463
Indice di Profitto Azionista	IP		-0,60%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

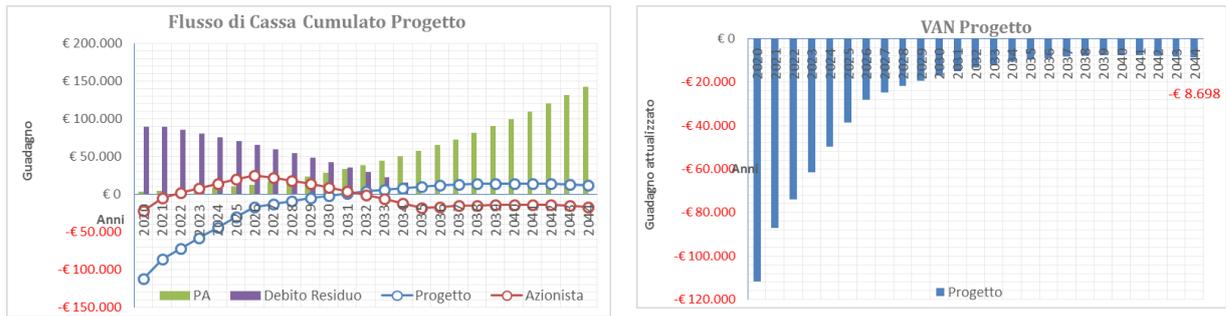


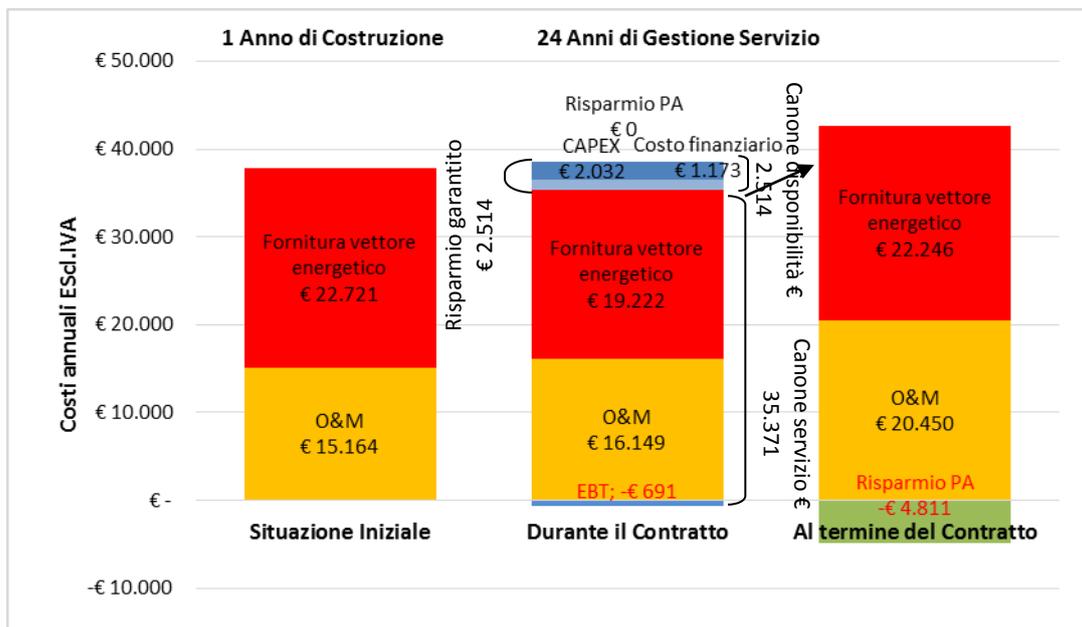
Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che con le condizioni economico-finanziarie ipotizzate, gli interventi dello scenario non risultano convenienti come investimento, dati gli alti indici posti a ipotesi e la percentuale di risparmio in bolletta non abbastanza alta da ammortizzare il costo dell’investimento. Lo scenario tuttavia considera un tempo molto lungo, per cui le variabili potrebbero mutare a favore dell’investimento nel corso degli anni.

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

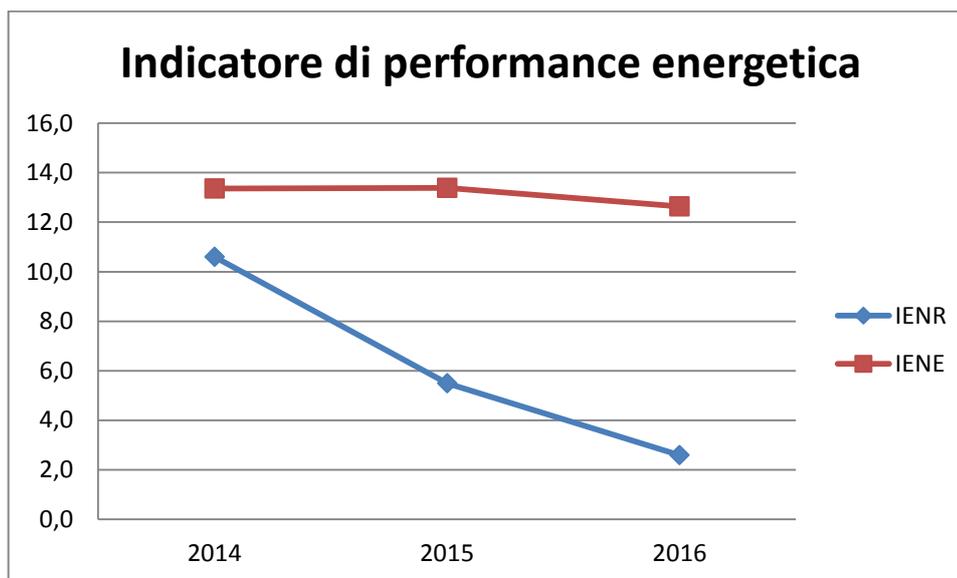


10 CONCLUSIONI

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	122,27	112,44
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	71,30	70,44
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	4,88	4,87
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	45,17	36,40
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,91	0,73
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	24	24

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 totale 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	104,51	97,73
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	68,86	68,08
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	4,88	4,87
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	29,85	24,05
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,91	0,73
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	20	20

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	94,31	87,63
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	58,67	57,98
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	4,88	4,87
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	29,85	24,05
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,91	0,73
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	18,5	18,5

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 o 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 risc [mq]	Volume lordo risc [mc]	E _{gl,nren}	U.M.	Classe energetica	Miglioramento
Stato di Fatto				112,44	kWh/m ² anno	E	-
Scenario 1 TRS<15anni	E.7	3563	22563	97,73	kWh/m ² anno	E	+0 classi
Scenario 2 TRS<25anni				87,63	kWh/m ² anno	E	+0 classi

Come si può notare, nonostante un miglioramento degli indici di prestazione energetica grazie alla realizzazione degli scenari di riqualificazione energetica, non è comunque possibile registrare un salto di classe energetica. Ciò è dovuto ad un cambio dell'edificio di riferimento nei nuovi scenari rispetto allo stato di fatto, in quanto tale edificio viene calcolato in base agli stessi consumi per illuminazione dell'edificio analizzato. Poiché è stato valutato un intervento di relamping con LED, i consumi dovuti ai fabbisogni elettrici diminuiscono, portando ad una nuova redistribuzione delle classi dell'edificio.

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** – efficientamento dell'impianto di illuminazione attraverso la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con altri ad altissima efficienza e dell'impianto termico attraverso l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e la sostituzione del circolatore esistente con uno a giri variabili con tecnologia a inverter.
- **Scenario 2: SCN2** – tale scenario consiste in un insieme di interventi sia sull'impianto che sull'involucro edilizio, scelti in funzione del maggiore rapporto costi-benefici ottenibile e dei vincoli architettonici presenti sull'immobile. In particolare è stato valutato l'isolamento delle pareti perimetrali del piano terzo e delle pareti sottofinestra che presentano spessori inferiori rispetto al resto della muratura dell'edificio; l'isolamento viene proposto per mezzo di un cappotto interno, dato il vincolo architettonico che non permette di effettuare modifiche sulle facciate dell'edificio. Gli altri interventi considerati sugli impianti sono la regolazione del riscaldamento tramite l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti, l'installazione di una pompa di circolazione a giri variabili e la sostituzione delle lampade esistenti con apparecchi 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

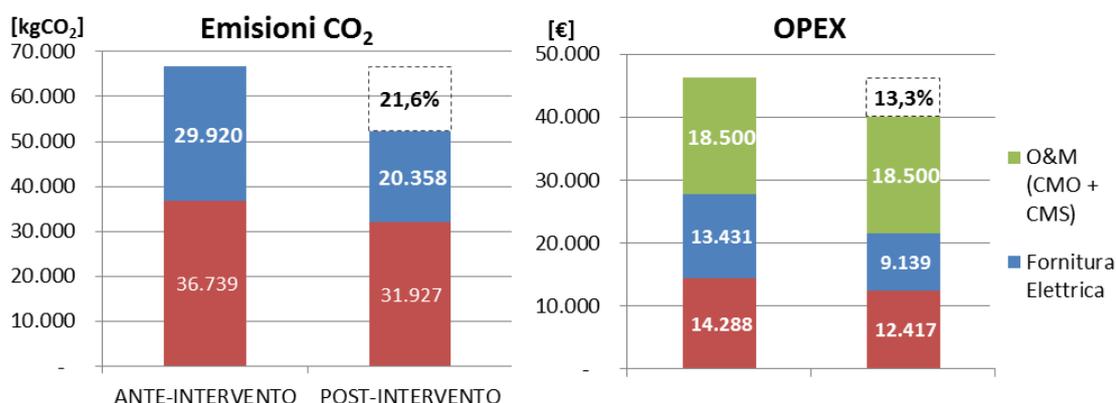
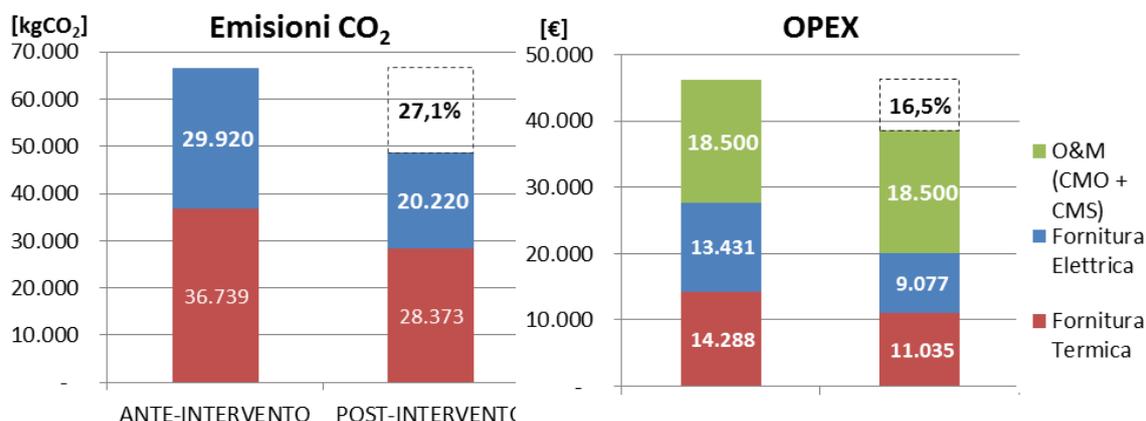


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più 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.

L'edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un buon margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sulla regolazione dell'impianto termico ed il relamping dell'impianto elettrico. Intervenendo sugli impianti anche il ritorno economico risulterebbe maggiormente accessibile.

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.

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.	In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore. Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.
Apparecchiature elettriche	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo	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

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>tempo e nei periodi di chiusura della struttura.</p>	<p>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 dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p>
<p>Climatizzazione</p>	<p>Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.</p> <p>Corretta regolazione delle centraline climatiche</p> <p>Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p> <p>Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</p> <p>Limitare la ventilazione</p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>L'apertura delle finestre deve essere limitata ad</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.</p> <p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.</p> <p>Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.</p>	<p>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.</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.</p> <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>
<p>Formazione del personale</p>	<p>Eseguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.</p>	<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>
<p>Illuminazione</p>	<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>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
		Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in sufficienti condizioni manutentive, almeno per quanto riguarda le aree utilizzate della struttura. Dall'intervista eseguita agli operatori della scuola sono emerse alcune criticità:

- alcuni terminali del piano terzo restano freddi per gran parte della loro superficie, tale problema è stato affrontato all'interno del capitolo 8;
- altri radiatori vengono spenti manualmente per l'eccessivo caldo percepito nelle aule, per tale problematica è stato proposto l'intervento di regolazione dell'impianto attraverso l'installazione di valvole termostatiche e pompa a giri variabili;
- durante la pioggia si registrano problemi di infiltrazione d'acqua dalle finestre; in questo caso sarebbe opportuno procedere alla sostituzione degli infissi più vecchi, in legno con vetro singolo. Tale intervento tuttavia non è stato proposto in termini energetici nella presente diagnosi, in quanto dall'analisi costi-benefici l'intervento ha tempi di ritorno molto superiori alla vita stessa del componente.

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 vettori energetici		DE_Lotto.1-E1668_revA-AllegatoA-Elenco fatture
Elenco documenti forniti dalla committenza		DE_Lotto.1_E1668_revA-AllegatoA-Elenco doc committenza

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Planimetrie ubicazione impianti, contatori, zone termiche, misure, etc.		DE_Lotto.1-E1668_revB-AllegatoB-Planimetrie
Dettaglio calcoli		DE_Lotto.1-E1668_revB-AllegatoB-Grafici_Template
Analisi consumi gas		DE_Lotto.1-E1668_revB-AllegatoB-Analisi fatture gas
Analisi consumi energia elettrica		DE_Lotto.1-E1668_revB-AllegatoB-Analisi fatture EE
Schema a blocchi impianto elettrico		DE_Lotto.1-E1668_revB-AllegatoB-Schema a blocchi elettrico
Schema impianto termico		DE_Lotto.1-E1668_revB-AllegatoB-Schema impianto termico
Planimetrie e visura catastale		DE_Lotto.1-E1668_revB-AllegatoB-PlaniCatasto
Modello elettrico FEM		DE_Lotto.1-E1668_revB-AllegatoB-Modello elettrico



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Relazione analisi termografica		DE_Lotto.1_E1668_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-E1668_revB-AllegatoD-Report strumentali



ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo modellazione		DE_Lotto.1_E1668-revB-AllegatoE-Relazione dettaglio calcoli



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione CTI Edilclima		DE_Lotto.1-E1668_revA-AllegatoF-CertCTI



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Stato di Fatto		DE_Lotto.1_E1668_revB-AllegatoG-APE SDF

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Scenario 15 anni		DE_Lotto.1_E1668_revB-AllegatoH-APE SCN1
Bozza APE Scenario 25 anni		DE_Lotto.1_E1668_revB-AllegatoH-APE SCN2



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici reali - stazione meteo		DE_Lotto.1-E1668_revB-AllegatoI-GG reali

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede Audit Livello II AICARR		DE_Lotto.1-E1668_revB-AllegatoJ-Schede Audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
A2.5 - Chiusure verticali opache-coibentazione dall'interno con pannelli		DE_Lotto.1-E1668_revA-AllegatoK-A2.5_Cappotto interno
A4.1 - Partizioni orizzontali - isolamento copertura dall'esterno		DE_Lotto.1-E1668_revA-AllegatoK-A4.1_Copertura
H2 – Sostituzione di generatore obsoleto con altro a condensazione		DE_Lotto.1-E1668_revA-AllegatoK-H2_Sostituzione generatore
H15 - Installazione di pompe a portata variabile		DE_Lotto.1-E1668_revA-AllegatoK-H15_Pompe inverter
H16 - Installazione valvole termostatiche		DE_Lotto.1-E1668_revA-AllegatoK-H16_valvole termostatiche
L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza		DE_Lotto.1-E1668_revA-AllegatoK-L1_Illuminazione
R1 - Installazione impianto fotovoltaico		DE_Lotto.1-E1668_revA-AllegatoK-R1_Installazione impianto fotovoltaico

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario due scenari		DE_Lotto.1_E1668_revB-AllegatoL-AnalisiPEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark		DE_Lotto.1-E1668_revA- AllegatoM_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.]