

SCUOLA ELEMENTARE "TAVIANI" e SCUOLA MEDIA DI SAMPIERDARENA E1345 CORSO LUIGI A MARTINETTI 77G - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



INGEGNERIA QUALITÀ SERVIZI

**SCUOLA ELEMENTARE "TAVIANI" e SCUOLA
MEDIA DI SAMPIERDARENA E1345
CORSO LUIGI A MARTINETTI 77G - GENOVA**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Aprile 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

I.Q.S. Ingegneria, Qualità e Servizi S.r.l.
Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero (MI)
T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) ; F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) ; info@iqssrl.eu ; <http://www.iqssrl.eu>

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	02/03/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Prima Pubblicazione
B	23/04/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesto dalla PA in data 10/04/2018
C	25/05/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
D	21/06/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesto dalla PA in data 20/06/2018

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	21
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	21
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	21
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	22
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	22
5 CONSUMI RILEVATI	23
5.1.1 <i>Energia termica</i>	23
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	26
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	31
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	35
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	35
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	38
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	42
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	42
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	42
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	43
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	46
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	47



7.4	BASILINE DEI COSTI.....	48
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	49
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	49
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	49
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	53
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	55
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	55
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	55
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	57
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	58
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	58
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	62
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	69
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2 + EEM3.....</i>	71
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3.....</i>	77
10	CONCLUSIONI	83
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	83
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	83
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	84
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	2
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	5
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	6
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	7
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE.

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1975
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.631
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.940
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	11.492
Rapporto S/V	[1/m]	0,52
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.346
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.000
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.346
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore standard a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	500
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		2014 : gasolio e gas metano 2015: gas metano 2016: gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	171,32
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	786.160
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	59.335
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	26.810
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.403

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetiche proposte:

- EEM 1: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche
- EEM 2: isolamento dall'esterno copertura piana
- EEM 3: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche
- EEM 4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza
- SCN 1: EEM2 +EEM3
- SCN 2: EEM1 + EEM2 + EEM3

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

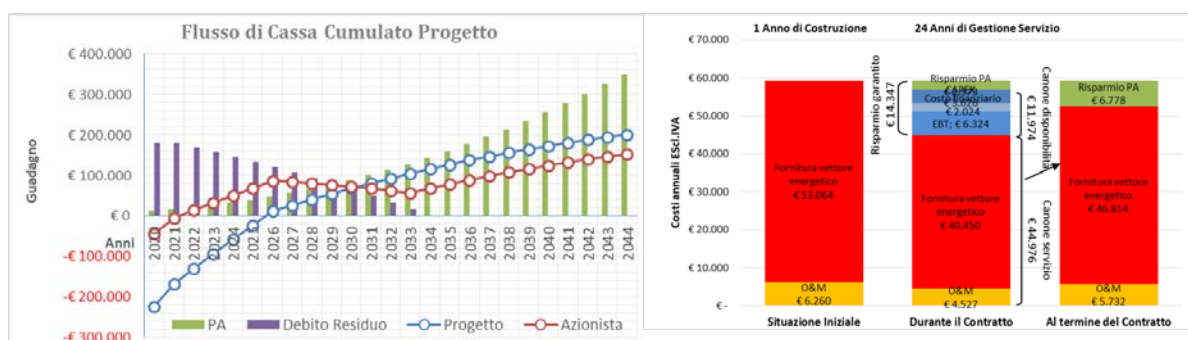
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

CON INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	4,3%	4,4%	2.807	0	0	83.767	26,2	43,5	30	-26.825	0,8%	-0,32	-	-
EEM 2	13,1%	13,2%	8.458	0	0	93.581	5,9	7,9	30	89.615	13,0%	0,96	-	-
EEM 3	18,8%	19,0%	12.146	1.810	642	40.843	2,3	2,5	15	115.559	39,0%	2,83	-	-
EEM 4	1,5%	1,3%	989	0	0	57.751	12,1	13,5	8	-24.193	-12,6%	-0,42	-	-
SCN 1	30,4%	30,7%	19.669	1.810	642	134.424	2,2	2,4	15	46.985	60,0%	0,35	1,5	1,5
SCN 2	34,6%	35,0%	22.389	1.810	642	218.191	2,3	2,5	25	64.851	54,1%	0,30	1,3	1,5

Figura 0.1 – Scenario – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l'involucro sia l'impianto nel rispetto dei vincoli dell'edificio oggetto di DE e gli scenari ottenuti sono stati condizionati dai requisiti imposti dalla committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante l'isolamento della copertura, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante la sostituzione dei serramenti nelle aule, l'isolamento della copertura, l'isolamento a cappotto delle pareti perimetrali, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1 e DSCR maggiore di 1,3.

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"

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a nord ovest



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 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 IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Fabio Gianola soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

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

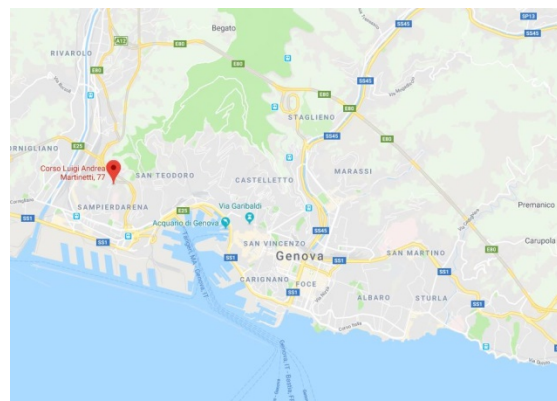
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Fabio Gianola Ing. Vittoria Citterio		Sopralluogo in sito
Ing. Vittoria Citterio		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Vittoria Citterio		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Alessandro Cieli		Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico
Ing. Vittoria Citterio		Redazione report di diagnosi energetica
Ing. Elena Mazzucco	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Elisa Bezzone	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Gianola	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU, Sezione D, Foglio 38, Mapp. 1500, Sub.0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

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

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		1975
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.631
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.940
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	11.492
Rapporto S/V	[1/m]	0,52
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.346
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.000
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.346
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore standard a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	500
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0

Tipo di combustibile		2014 : gasolio e gas metano 2015: gas metano 2016: gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	171,32
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	786.160
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	59.335
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	26.810
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.403

Nota (1): Valori di Baseline

1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

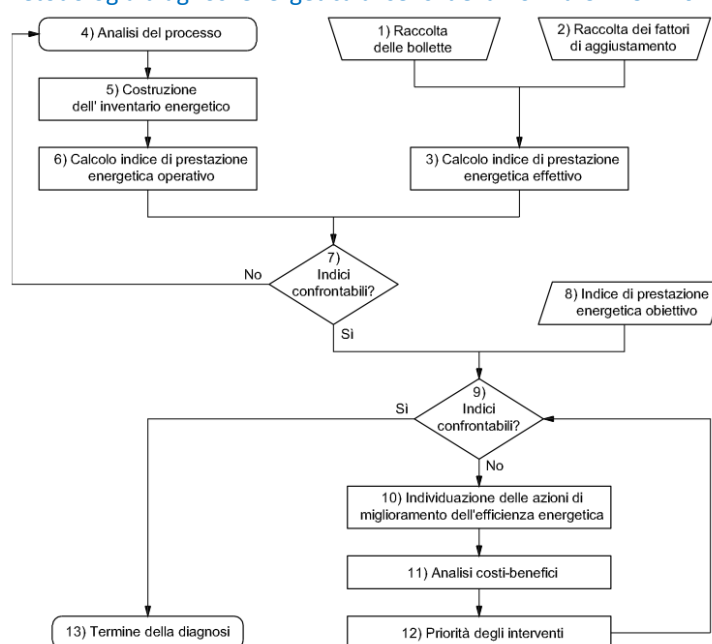
- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 21/11/2017 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, Assisital, 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 Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Numero certificato 65 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 dell'Università 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_{ref});
- 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

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

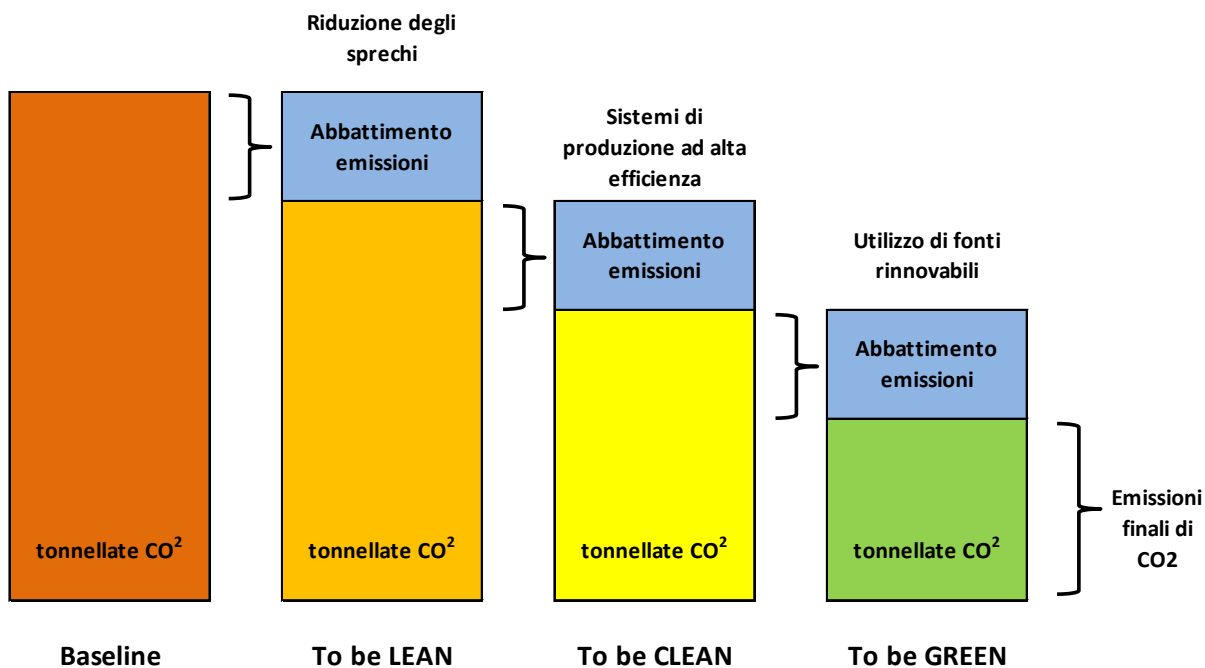
superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.

- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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



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

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

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

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);

- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

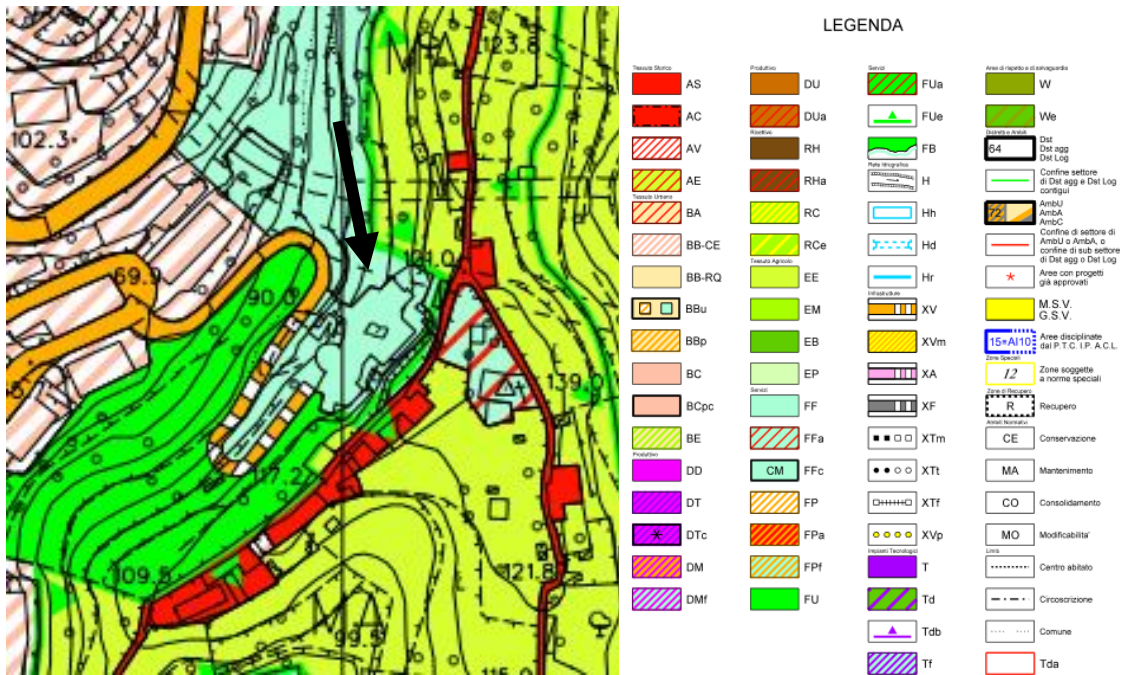
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0/18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona FF destinata a "servizi di quartiere di livello urbano o territoriale destinati a istruzione, interesse comune, verde, gioco e sport e attrezzature pubbliche di interesse generale".

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

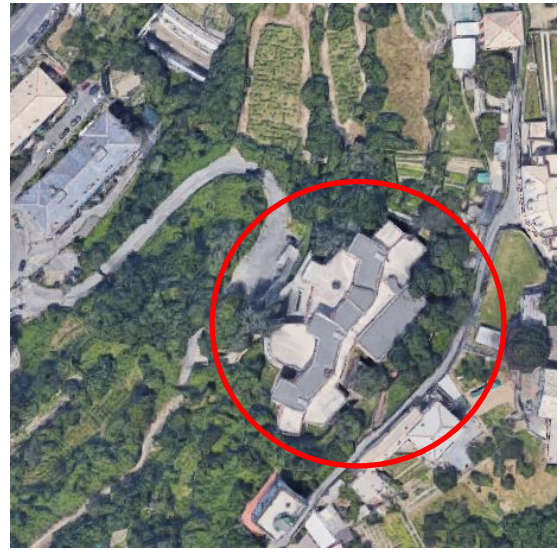
L'edificio ove è ubicata la Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena è stato realizzato nel 1975. La centrale termica è stata parzialmente ristrutturata (sostituzione del generatore di calore nel 1997 e bruciatore nel 2014); l'edificio ricade prevalentemente nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

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 è frequentato giornalmente da circa 160 persone tra studenti e adulti. Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica dell'edificio stesso e rappresentare un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piano fuori terra, nei quali si sviluppano le aule ed i locali accessori alle attività didattiche.

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



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

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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Aule scuola primaria, servizi	[m ²]	817,80	744,60	0,00
Primo	Aule scuola primaria, servizi, laboratori	[m ²]	475,90	430,90	0,00
Secondo	Aule scuola secondaria di primo grado, servizi, palestra	[m ²]	1151,50	1.052,50	0,00
Terzo	Aule scuola secondaria di primo grado, servizi, laboratori	[m ²]	460,50	403,30	0,00
TOTALE		[m ²]	2905,70	2.631,30	0,00

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

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

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

Dal punto di vista storico, Sampierdarena è diventato un quartiere di Genova nel 1962. Precedentemente era un'importante cittadina industriale di cui ha mantenuto le caratteristiche architettoniche ed attualmente è una delle aree più popolate della città.

Come mostra la Figura 2.3 che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l'edificio che ospita la scuola non risulta vincolato ma risulta appartenere ad un'area vincolata come BELLEZZE DI INSIEME che però non influisce su eventuali interventi sull'edificio.

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti, tuttavia si procede nella compilazione della tabella 2.2.

Non si identificano interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

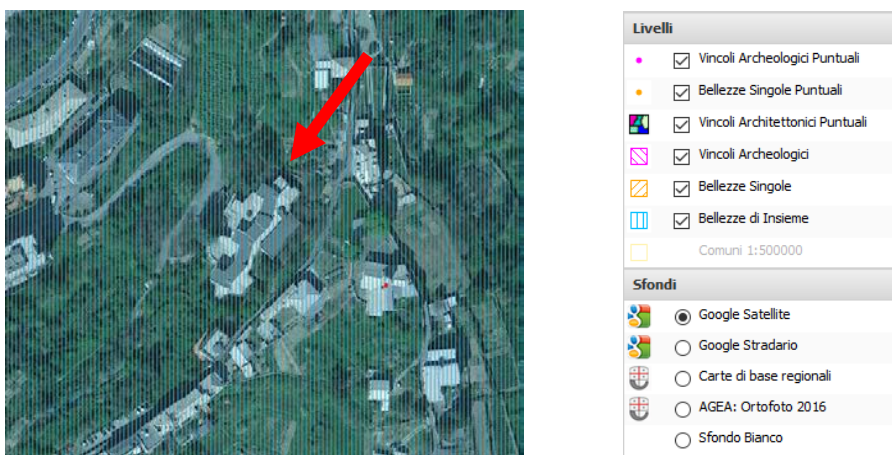


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche	Bellezze d'insieme		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 2: isolamento dall'esterno della copertura piana	Bellezze d'insieme		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 3: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

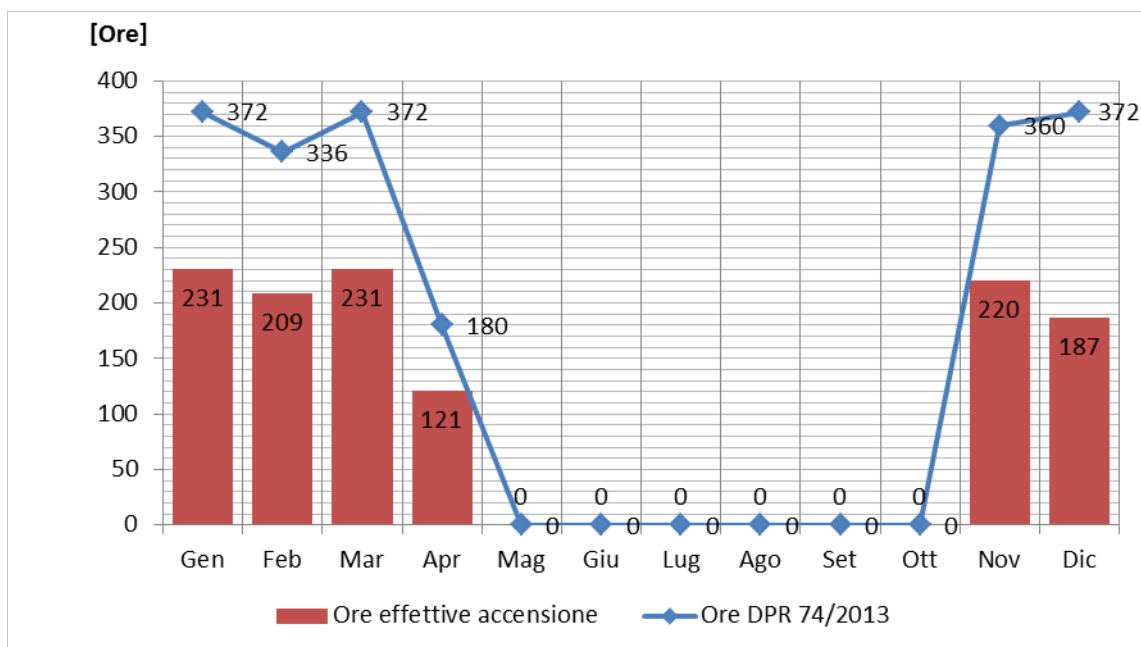
Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico (7:15-17:30 da lunedì a venerdì), mentre i periodi di funzionamento degli impianti sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti (11 ore giornaliere da lunedì a venerdì).

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

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segna l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e settembre completi in quanto i professori ed i maestri utilizzano l'edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell'anno scolastico.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	07:15-17:30	7.00-18.00

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 non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura inoltre il riscaldamento risulta acceso, seppur per poco, anche dopo che il personale ha lasciato la struttura stessa; risulterebbe pertanto un buon intervento ridefinire i momenti di accensione e spegnimento e magari in sede di sostituzione del generatore di calore effettuare una simulazione in dinamica per studiare la migliore combinazione di regolazione temporale del riscaldamento, temperature impostate ed impianto.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 109 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	21	21	202	22%
Febbraio	28	10,5	28	266	19	19	180	19%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
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	-	-	0	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	17	17	170	18%
TOTALE	365	16,7	166	1421	220	109	929	100%

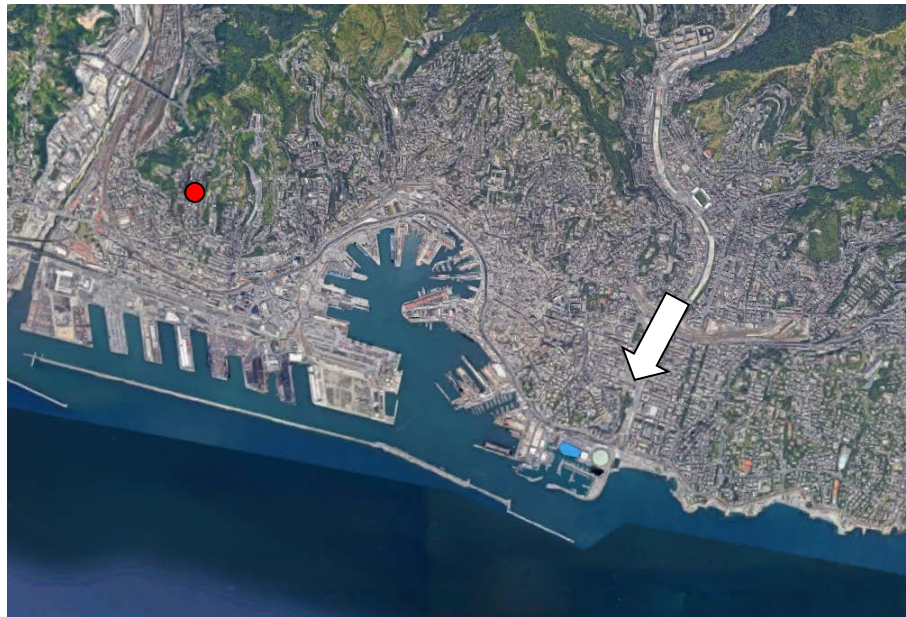
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova-Centro Funzionale-Foce (GECF).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è la stazione climatica con i dati disponibili per le tre annualità (2014-2015-2016) più vicina all'edificio oggetto di DE.

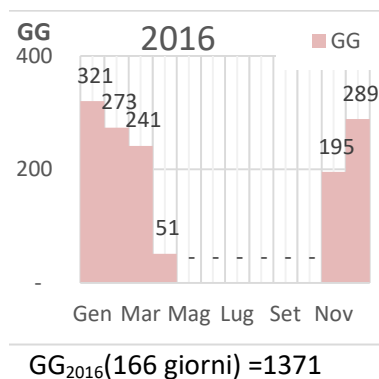
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all'edificio oggetto di DE (puntino rosso)



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



E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

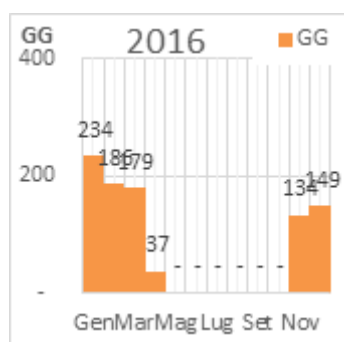
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico.

Per l'edificio in oggetto l'analisi dell'andamento dei dati climatici e profili annuali di gradi giorno è relativa al solo anno 2016 in quanto la normalizzazione dei consumi annuali di energia termica è stata fatta sul 2016 (i consumi del 2015 sono da ritenersi anomali). Pertanto si è ottenuto un valore di 918 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento per il 2016.

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

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

Figura 3.3 - Andamento mensile dei GG reali, valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per l'anno di riferimento



$$GG_{2016}(109 \text{ giorni}) = 918$$

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risulta costruito con una struttura travi e pilastri in cemento armato.

L'involucro opaco verticale che costituisce l'edificio è presumibilmente composto da una parete a cassa vuota con mattoni pieni e intercapedine di 8 cm.

L'involucro opaco orizzontale invece si compone di una struttura piana in latero cemento ricoperta da pavimentazione in pietra (copertura praticabile) e bitume (copertura non praticabile).

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR T 335.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- dispersioni attraverso la muratura in corrispondenza di angoli e interpiano
- dispersioni attraverso i telai dei serramenti.

Le specifiche degli strumenti di misura sono riportate all'Allegato D - Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro – parete verticale opaca



Figura 4.2 - Particolare della copertura



Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete esterna con esposizione nord ovest



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica.

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

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	C1	39	Assente	1,43	Buono
Copertura	C2	37	Assente	1,46	Buono
Parete verticale	M1	38	Assente	1,36	Discreto
Parete verticale su ZNR	M2	33	Assente	1,26	Discreto
Pavimento	P1	37	Assente	1,20	Discreto
Pavimento	P2	37	Assente	1,43	Discreto
Pavimento	P3	35	Assente	1,24	Discreto

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto prevalentemente da serramenti in alluminio e vetro singolo.

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
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti in legno con vetro singolo da 4 mm
- Dispersioni termiche dai telai all’intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento tipo 1	F1-F5-F7-F8-F3-F14-F6-F9-F10-F11-F13-F16-F17-F18-F24	F1(150x280) - F5(90x90) - F7(80x300) - F8(270x200) - F2(90x115) - F4(530x60) - F6(125x200) - F9(170x90) - F10(70x90) - F11(115x90) - F13(90x230) - F16(85x195) - F17(220x165) - F18(100x175) - F24(550x110)	alluminio	Vetro singolo	5,7	Insufficiente
Serramento tipo 2	F2-F4-F12-F15-F19-F20-F21	F2(350x380) - F4(154x280) - F12(80x260) - F15(150x180) - F19(200x300) - F20(120x210) - F21(70x50)	alluminio	Vetro singolo	5,7	insufficiente
Serramento tipo 3	F22-F23	F22(d=360) - F23(160x160)	alluminio	Policarbonato	5,7	insufficiente
Serramento tipo 4	F25	(95x280)	alluminio	U Glass	5,5	insufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto tradizionale con caldaia a basamento a gas metano e radiatori senza valvole termostatiche.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori senza valvole termostatiche.

Figura 4.6 - Particolare sistema di emissione



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
Intero edificio	radiatori	94%

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 COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	33	64	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	9	13	0,00
Secondo	Su parete interna/esterna non isolata	35	69	0,00
Terzo	Su parete interna/esterna non isolata	10	9	0,00
TOTALE		87	154	0,00

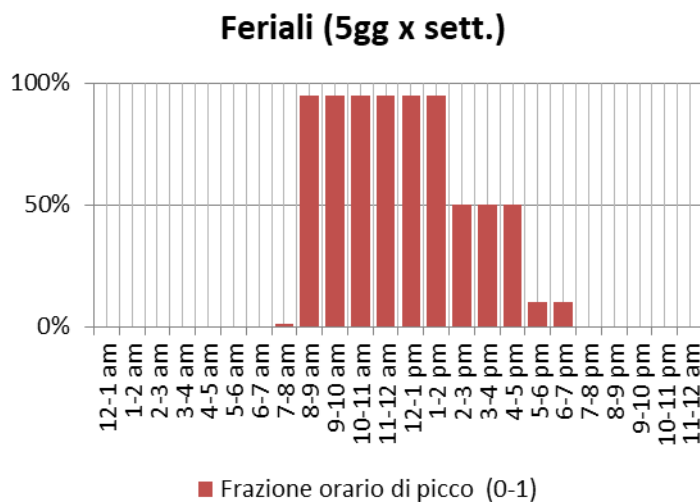
Nota (1): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

In sede di sopralluogo si sono verificati i dati delle check list fornite dalla PA e sono state prese le misure ulteriori richieste dalla UNI 10200 per il calcolo della potenza.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell’impianto avviene da centrale termica. Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non ha saputo fornire informazioni sulle temperature impostate.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per l’edificio



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Intero Edificio	Climatica	70%

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 da due pompe gemellari funzionanti in parallelo che servono zone dell’edificio differenti.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽²⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽³⁾ [W]
SALSOM C2800N EG01	circuito 1	-	-	101
SALSOM CXL 2100N EG02	circuito 2	-	-	245

Nota (1): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centraletermica) e da scheda tecnica

Nota (2): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centraletermica) e da scheda tecnica

Nota (3): Valori ricavati da dati di targa

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

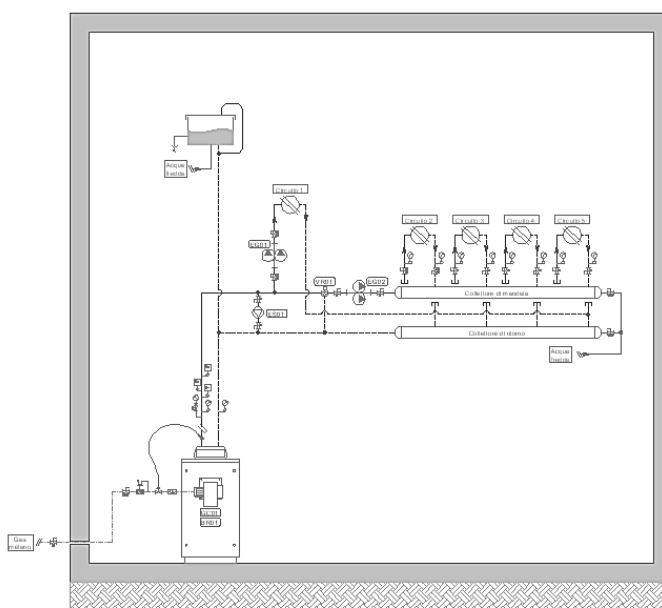
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

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

Nota (1): Le temperature di mandata e ritorno del circuito primario rilevate in sede di sopralluogo non sono state acquisite e riportate in quanto nella data di esecuzione dello stesso, per via della temperatura esterna elevata, l'impianto non è mai andato a regime nel lasso del tempo di visita al fabbricato. Si tratta pertanto di valori non rappresentativi e non necessari al fine della modellizzazione del sistema edificio-impianto.

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: 122-P00-001.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 94% (riferimento normativo UNI TS 11300-2).

L'elenco dei componenti del sottosistema di distribuzione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.4 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento UNICAL P500 risalente al 1997 con bruciatore BALTUR TBG 60 P_V del 2014.

Figura 4.9 - Generatore di calore – UNICAL P500



Figura 4.10 - Bruciatore BALTUR TBG 60 P_V



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO ⁽⁷⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]	
Gen 1	Riscaldamento	UNICAL	P500	1997	404-456	375-500	92,5%	96

Nota (7) da prova fumi del 11/04/2017

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 87%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 92,8%.

Il rendimento della scheda tecnica è in linea con quello relativo alla prova fumi mentre il rendimento della modellazione energetica risulta il più basso dei tre.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. La produzione è eseguita tramite 2 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici ad uso degli utenti.

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO ⁽¹⁾	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO ⁽²⁾	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽³⁾
95%	93%	-	-	75%	34%

Nota (1): sottosistema non presente

Nota (2): sottosistema non presente

Nota (3): il rendimento globale medio stagionale comprende le perdite dovute alla rete elettrica nazionale. Fonte: modellazione energetica.

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 DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non presente

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non presente

4.6 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 ascensori, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d’uso.

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Z6	Computer desktop	12	250	3000	752 (4h x 188 gg)
Z6	Stampante da tavolo	3	300	900	63(0,33h x 188 gg)
Z3	Stampante multifunzione	2	600	1200	63(0,33h x 188 gg)
Z6	Distributore snack	1	1500	1500	8.760(24h x 365 gg)
Z3	Televisore	2	250	500	63(0,33h x 188 gg)
Z6	Macchinetta caffè	1	550	550	63(0,33h x 188 gg)
Z2	Scaldavivande	1	1200	1200	63(0,33h x 188 gg)
Z1-Z6	LIM	4	180	720	752 (4h x 188 gg)
Z2	Stufetta elettrica	1	1500	1500	524(4h x 131 gg)

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.

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti lineari.

Figura 4.11 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Z1	fluorescente 2x36 W	28	0,072	2,016
Z1	fluorescente 1x18 W	6	0,018	0,108
Z2	fluorescente 2x36 W	28	0,072	2,016
Z2	fluorescente 1x18 W	2	0,018	0,036
Z3	fluorescente 2x36 W	28	0,072	2,016
Z3	fluorescente 1x18 W	6	0,018	0,108
Z4	incandescente da 150 W	10	0,150	1,500
Z4	fluorescente 2x36 W	4	0,072	0,288
Z5	fluorescente 2x36 W	3	0,072	0,216
Z5	fluorescente 1x18 W	8	0,018	0,144
Z6	fluorescente 2x36 W	59	0,072	4,248
Z6	fluorescente 1x18 W	50	0,018	0,900
Z7	fluorescente 2x36 W	22	0,072	1,584

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.

4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE

Non presente

5 CONSUMI RILEVATI

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;
- Gasolio.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è stato il Gasolio fino a parte del 2014 quando la caldaia è stata convertita a Gas Metano.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm ³]	PCI [kWh/Nm ³]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm ³ /Nm ³]	PCI [kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 ⁽¹⁾	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 1 contatore a servizio della Centrale termica per il riscaldamento dell'intero edificio.

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014			2015			2016		
		[l]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
3270038119913	Riscaldamento	13.734	39.637	24.116	82.470	511.947	227.175	776.867		

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

La ripartizione dei consumi annuli di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella Tabella 5.3.

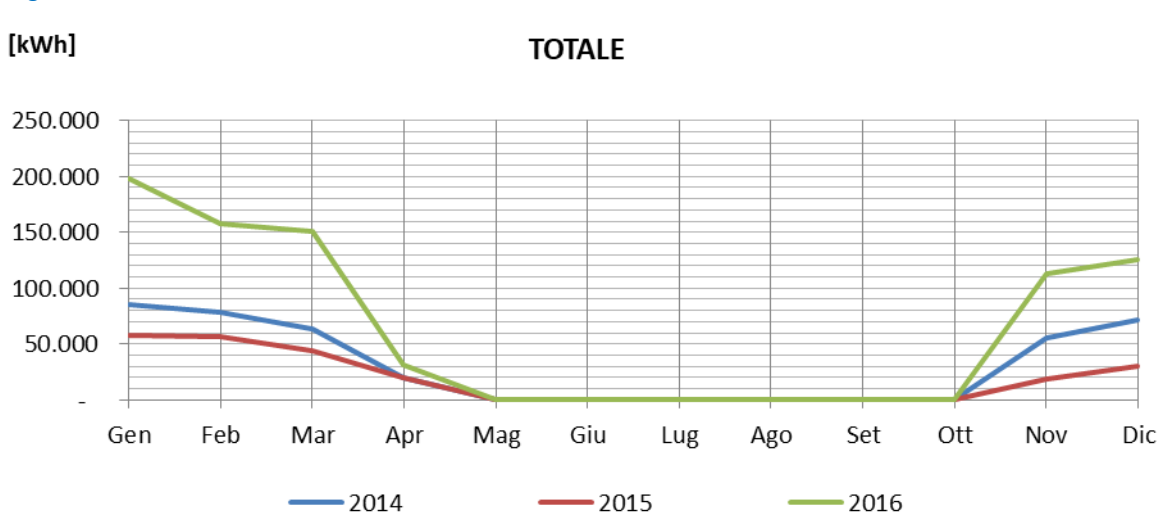
E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

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

PDR: 3270038119913	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	9.011	6.174	21.006	130.397	58.162	197.875
Febbraio	8.293	6.037	16.699	103.662	56.866	157.305
Marzo	6.705	4.663	16.053	99.650	43.927	151.216
Aprile	2.105	2.055	3.346	20.769	19.360	31.517
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	5.906	1.985	12.015	74.583	18.699	113.178
Dicembre	7.617	3.202	13.352	82.885	30.161	125.776
Totale	39.637	24.116	82.470	511.947	227.175	776.867

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU [109] GIORNI	GG _{RIF} SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Sm ³]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0
2015	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0
2016	918	929	82.470	776.867	846	786.160	0	0
Media	918	929	82.470	776.867	846	786.160	0	0

Come si può notare è stato preso come anno di riferimento solo il 2016 in quanto il consumo del 2015 risulta non attendibile.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.:

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\overline{Q}_{ACS}	0,0
\overline{Q}_{ALTRO}	0
$\overline{a}_{rif} \times GG_{rif}$	786.160
$Q_{baseline}$	786.160

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dell'intero edificio.

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 è effettuata sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche sono riportati nella Tabella 5. 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]
IT001E00097053	Intero edificio	26.143	25.253	29.034	26.810

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-E1345 e sono emerse le seguenti differenze: i dati ricavati dalle fatture nel triennio di riferimento sono minori rispetto a quelli riportati nel file kyotoBaseline-E1345.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 27.719 kWh; anno 2015 27.508 kWh; anno 2016 31.619 kWh.

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 26.810 kWh.

Tabella 5.4 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097053	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2001	464	823	3288
Feb - 14	1874	433	638	2945
Mar - 14	1704	420	698	2822
Apr - 14	1153	307	647	2107
Mag - 14	1019	322	692	2033
Giu - 14	663	229	550	1442
Lug - 14	344	227	537	1108

Ago - 14	174	214	529	917
Set - 14	898	334	577	1809
Ott - 14	1489	418	624	2531
Nov - 14	1540	458	703	2701
Dic - 14	1415	375	650	2440
Totale	14274	4201	7668	26143
POD: IT001E00097053	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1760	445	688	2893
Feb - 15	1825	432	586	2843
Mar - 15	1276	336	560	2172
Apr - 15	851	268	448	1567
Mag - 15	1138	334	679	2151
Giu - 15	676	252	557	1485
Lug - 15	394	232	519	1145
Ago - 15	167	207	498	872
Set - 15	774	282	604	1660
Ott - 15	1747	458	609	2814
Nov - 15	2010	441	596	3047
Dic - 15	1585	374	645	2604
Totale	14203	4061	6989	25253
POD: IT001E00097053	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1743	429	679	2851
Feb - 16	2052	454	571	3077
Mar - 16	1783	440	656	2879
Apr - 16	1464	451	746	2661
Mag - 16	1611	382	612	2605
Giu - 16	744	261	583	1588
Lug - 16	399	240	575	1214
Ago - 16	278	207	520	1005
Set - 16	960	363	599	1922
Ott - 16	1741	465	646	2852
Nov - 16	2079	479	722	3280
Dic - 16	1564	570	966	3100
Totale	16418	4741	7875	29034

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 5.5.

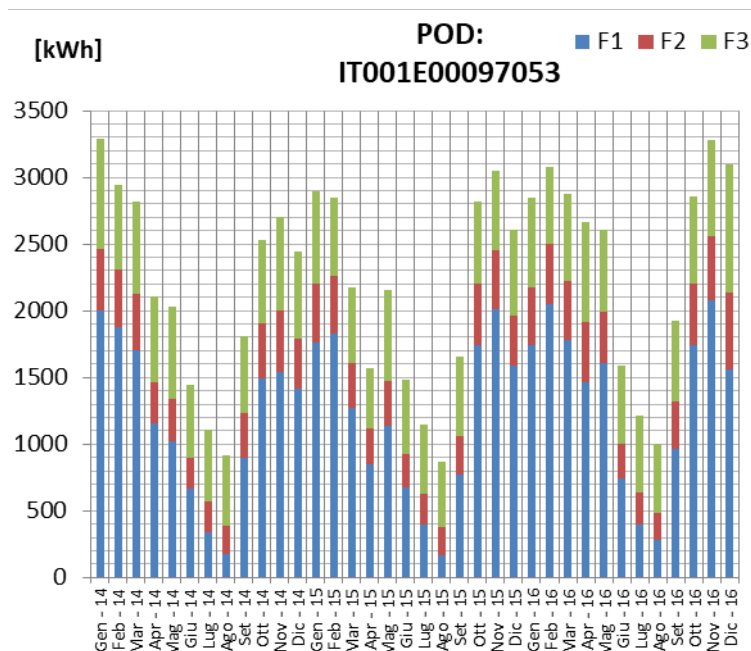
Tabella 5.5 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1835	446	730	3011
Febbraio	1917	440	598	2955
Marzo	1588	399	638	2624
Aprile	1156	342	614	2112
Maggio	1256	346	661	2263
Giugno	694	247	563	1505
Luglio	379	233	544	1156

Agosto	206	209	516	931
Settembre	877	326	593	1797
Ottobre	1659	447	626	2732
Novembre	1876	459	674	3009
Dicembre	1521	440	754	2715
Totale	14965	4334	7511	26810

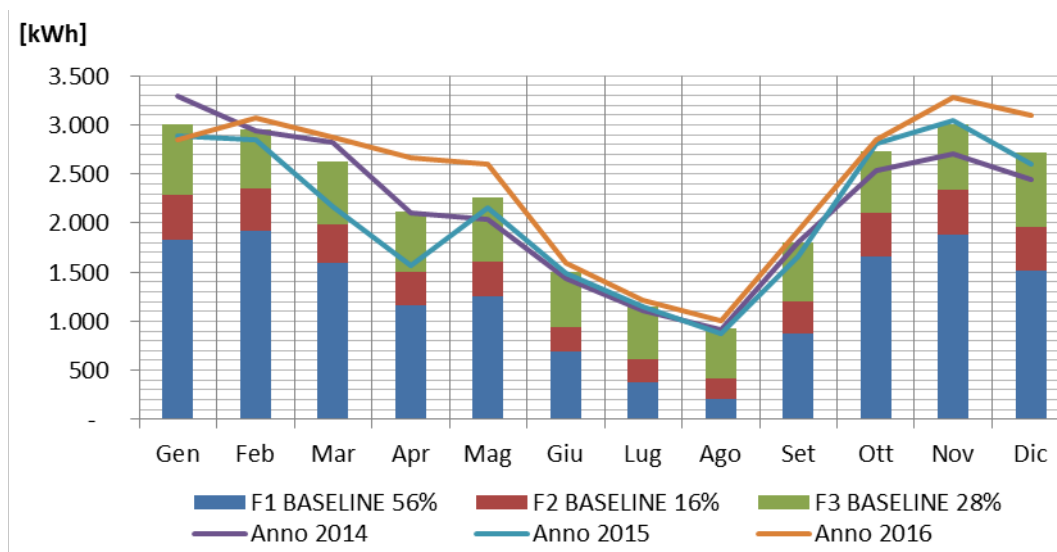
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di POD IT001E00097053



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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti durante tutti i mesi dell'anno tranne per i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola.

Per l'analisi dei profili di carico si è proceduto ad effettuare delle stime finalizzate alla verifica dei seguenti aspetti:

- compatibilità degli andamenti mensili deducibili dalla analisi delle letture riportate dal distributore con l'utilizzo delle utenze effettivamente presenti nell'edificio;
- adeguatezza della potenza impegnata del contatore.

La procedura utilizzata per le stime è la seguente:

- essendo il fabbricato non utilizzato per tutto il mese di agosto è possibile ipotizzare che i consumi di tale mese siano simili per ciascun giorno, ricavando quindi il consumo giornaliero dell'edificio in assenza di fruizione; è stato quindi possibile assumere per l'edificio oggetto di DE un consumo di base costante di circa 32,42 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

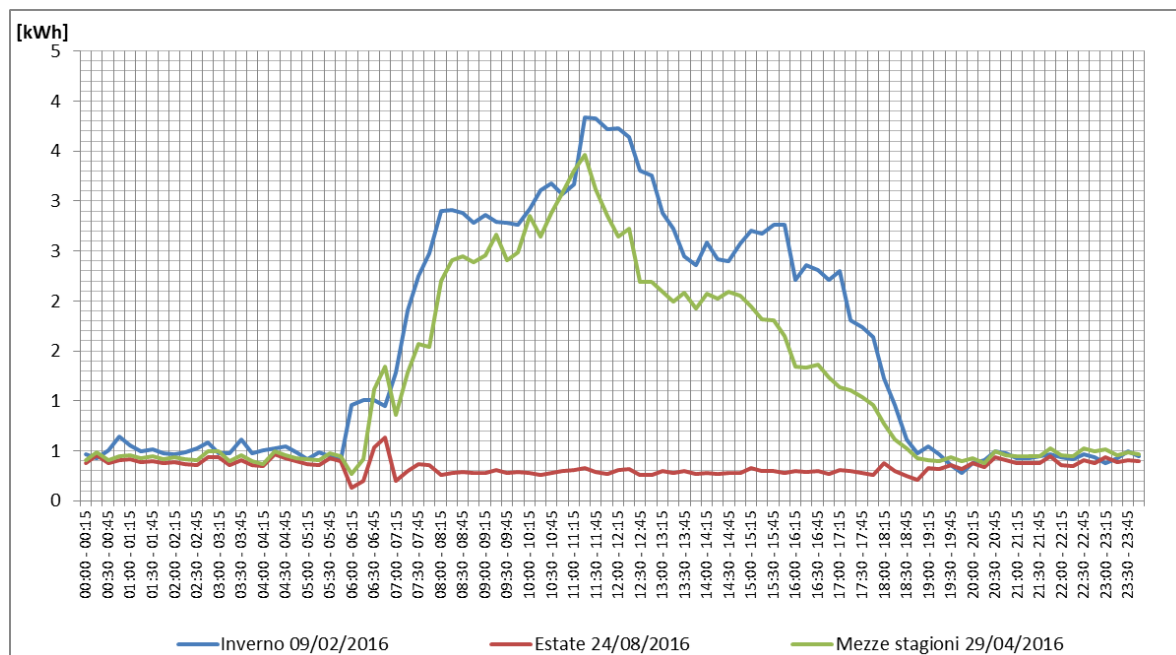
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

Tabella 5.6 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	09/02/2016	Martedì	Periodo invernale	13,2
Profilo 2	24/08/2016	Mercoledì	Periodo di chiusura	28,2
Profilo 3	29/04/2016	Venerdì	Mezza stagione	16,2

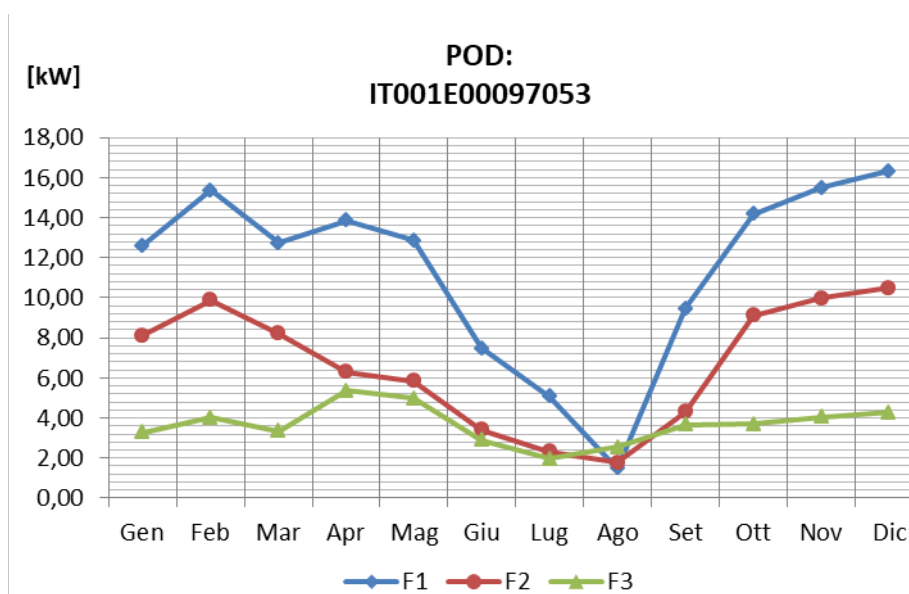
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00097053



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto ai limitati consumi dell’edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 19 fino al mattino alle 7.00), e all’entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l’andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l’edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezze stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il distributore di snack.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00097053



I profili di potenza giornalieri risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti, essendo le fasce di maggiore e minore consumo rispettivamente la F1 e la F3 ed essendo il periodo invernale quello con la potenza assorbita superiore.

Il prelievo di potenza massima stimato è pari a 16,31kW e si verifica nel mese di dicembre in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

L'esito della DE deve inoltre consentire la valutazione del fabbisogno energetico caratteristico del sistema edificio-impianto ed individuare gli indicatori specifici di performance energetica ed ambientale caratteristici della prestazione energetica dell'edificio, rispetto ai consumi energetici reali.

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 - 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 5.8 – Baseline delle emissioni di CO₂.

Tabella 5.8 – Baseline delle emissioni di CO₂.

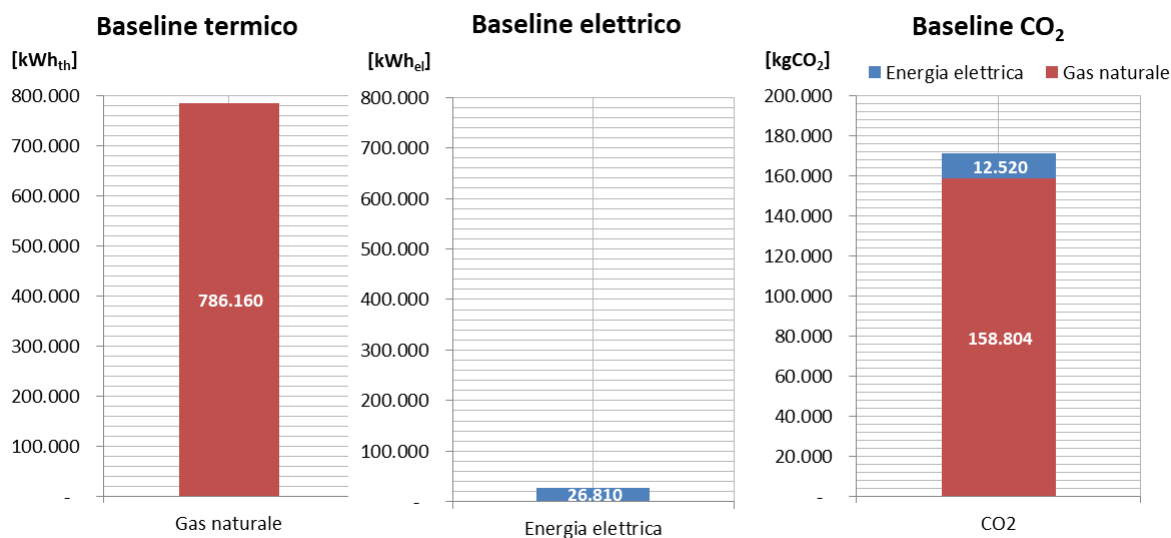
COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	26.810	0,467	12,52
Gas naturale	786.160	0,202	158,80

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

Tabella 5.9 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42
Gasolio	1,07	0	1,07

Figura 5.6 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.



La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.10.

Tabella 5.10 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1 Superficie netta riscaldata	2631	m ²
FATTORE 2 Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.645	m ²
FATTORE 3 Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	11.531	m ³

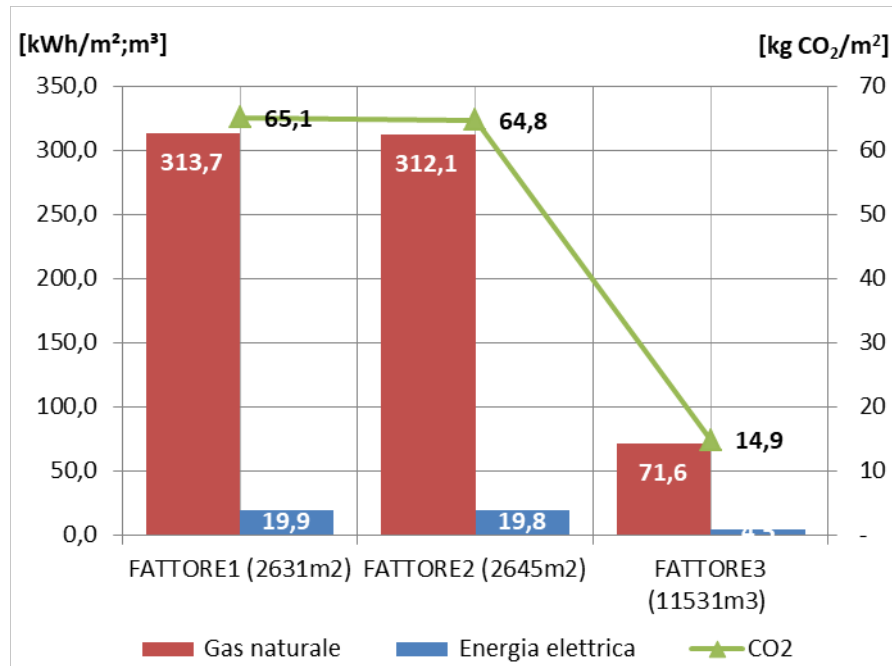
Nella Tabella 5.11 e Tabella 5.12 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

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

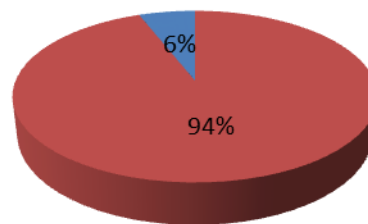
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	786.160	1,05	825.468	313,7	312,1	71,6	60,36	60,04	13,77
Energia elettrica	26.810	2,42	64.880	24,7	24,5	5,6	4,76	4,73	1,09
TOTALE			890.348	338	337	77	65	65	15

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

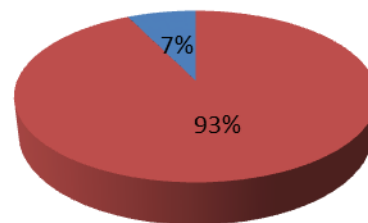
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	786.160	1,05	825.468	313,7	312,1	71,6	60,36	60,04	13,77
Energia elettrica	26.810	1,95	52.280	19,9	19,8	4,5	4,76	4,73	1,09
TOTALE			877.748	334	332	76	65	65	15

Figura 5.7 – Indici di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

 Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

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

- Volume riscaldato (V_{risc}).

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.13 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	25,8	10,9	36,0	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	4,9	4,7	5,4

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo valori INSUFFICIENTE per l'indice IEN_R che BUONI per l'indice IEN_E. Il valore IEN_R per l'anno 2015 non è stato considerato in quanto il consumo risulta anomalo.

I dettagli dell'analisi degli indici di performance energetici sono riportati nell'Allegato M Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA PRIMARIA TOTALE	U.M.	ENERGIA NON RINNOVABILE	U.M.
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	324,92	kWh/mq anno	316,91	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	286,58	kWh/mq anno	286,01	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	3,50	kWh/mq anno	2,82	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	0	kWh/mq anno	0	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	0	kWh/mq anno	0	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	33,66	kWh/mq anno	27,13	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	1,18	kWh/mq anno	0,95	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	75,02	Kg/mq anno	75,02	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	75.221	744.010
Energia Elettrica	-	130.546

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
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 sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell’edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

I valori effettivi di temperatura rilevati ed utilizzati all’interno della modellazione, e gli altri eventuali parametri che sono stati modificati rispetto alla condizione standard sono riportati nell’Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	347,41	339,40
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	309,07	308,50
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	3,50	2,82
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	33,66	27,13
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,18	0,95
Emissioni equivalenti di CO ₂ ⁽¹⁾	CO_{2eq}	Kg/mq anno	79,89	79,89

Nota (1): i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO₂ dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO₂/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO₂/kWh per l’energia elettrica.

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

Gli indicatori di performance energetica ricavati dai consumi di baseline (Tabelle 5.13 e 5.14) e quelli ricavati dalla modellazione in modalità adattata all’utenza (Tabella 6.4) non sono congruenti in quanto non è possibile eseguire una validazione del modello elettrico mediante il software per la modellazione energetica.

Il metodo utilizzato per la validazione del modello elettrico è riportato al paragrafo 6.1.2 Validazione del modello elettrico.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	81.443,31	767.196
Energia elettrica	-	28.150

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]	[%]
767.196	786.160	2,5

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.

Il dettaglio dei calcoli effettuati ai fini della definizione del modello elettrico è riportato nell'Allegato B – Elaborati.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
28.150	26.810	4,8

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

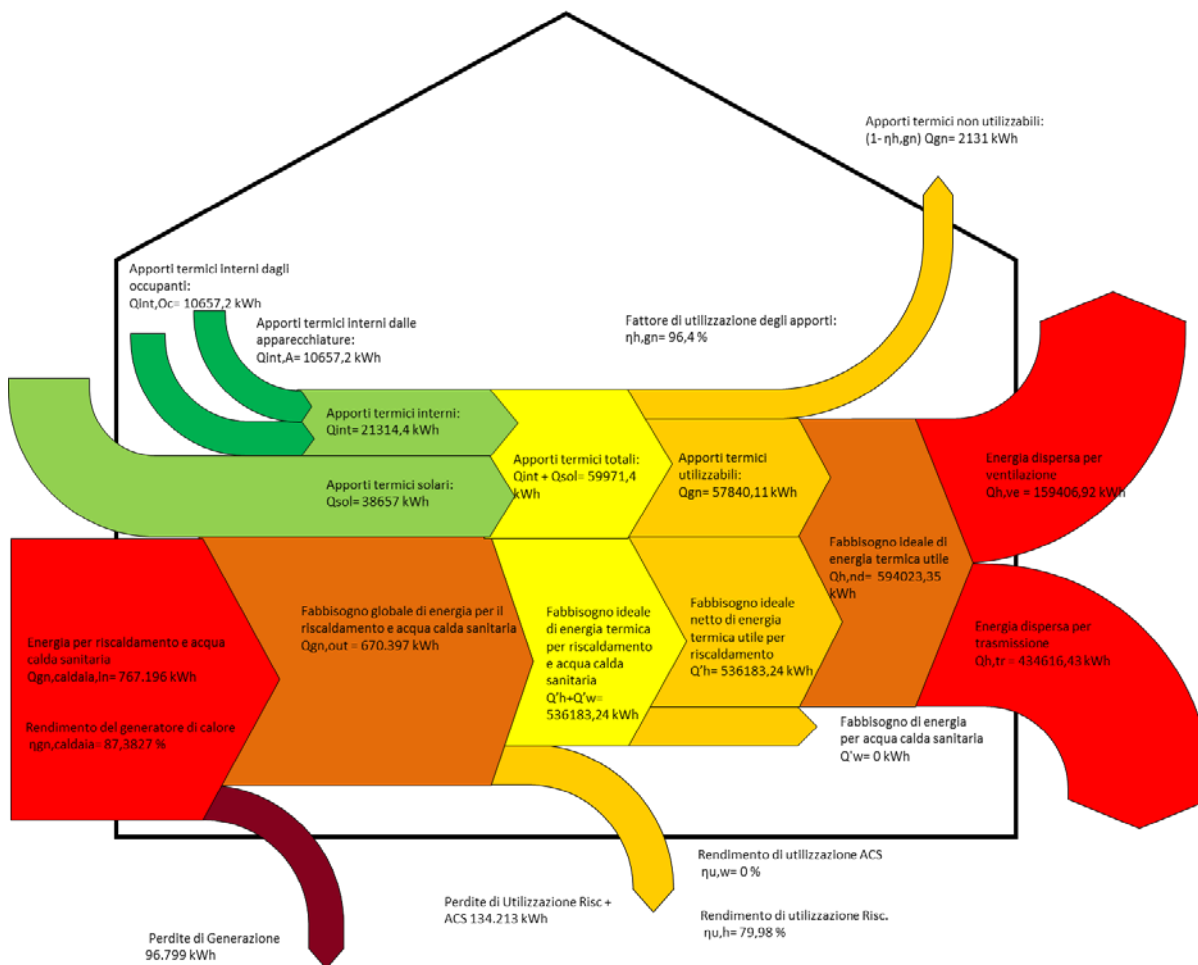
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

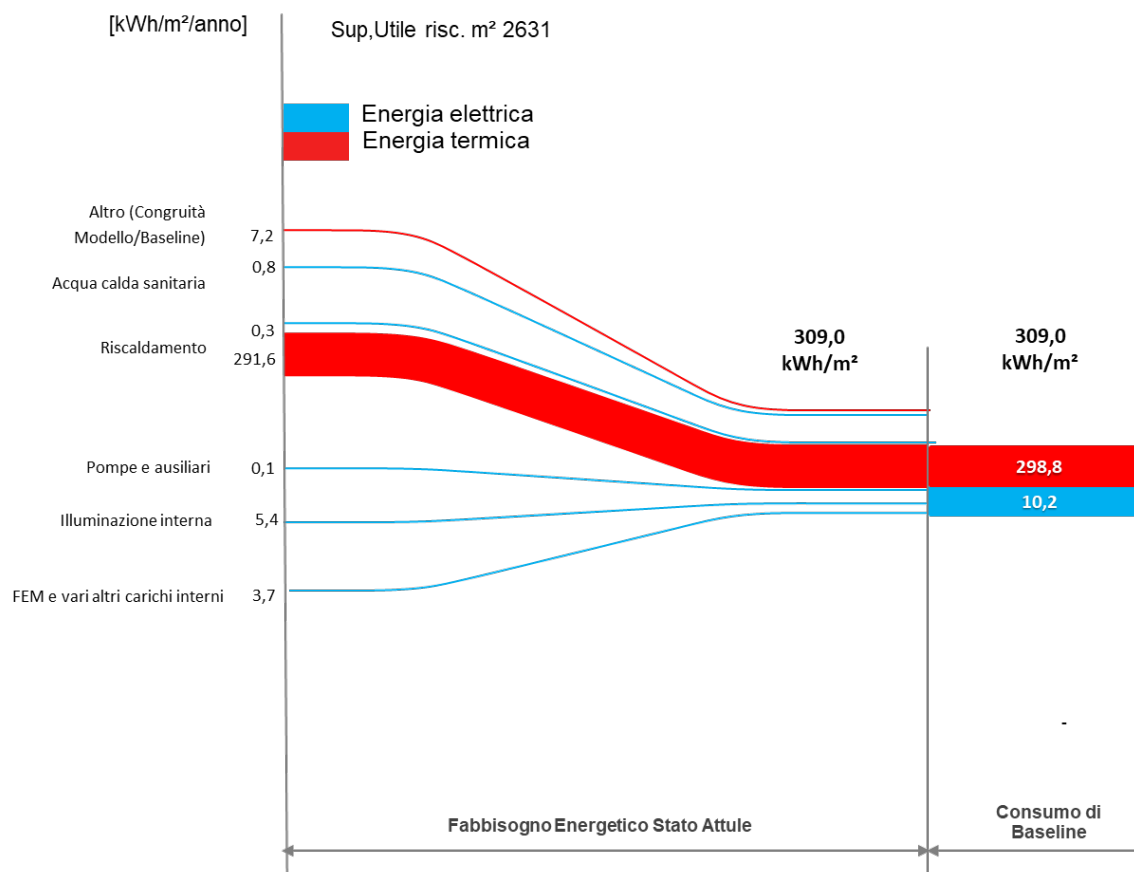
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 96% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è 80%.

E' quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell'edificio, riportato nella Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio allo stato attuale.

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



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

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

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

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

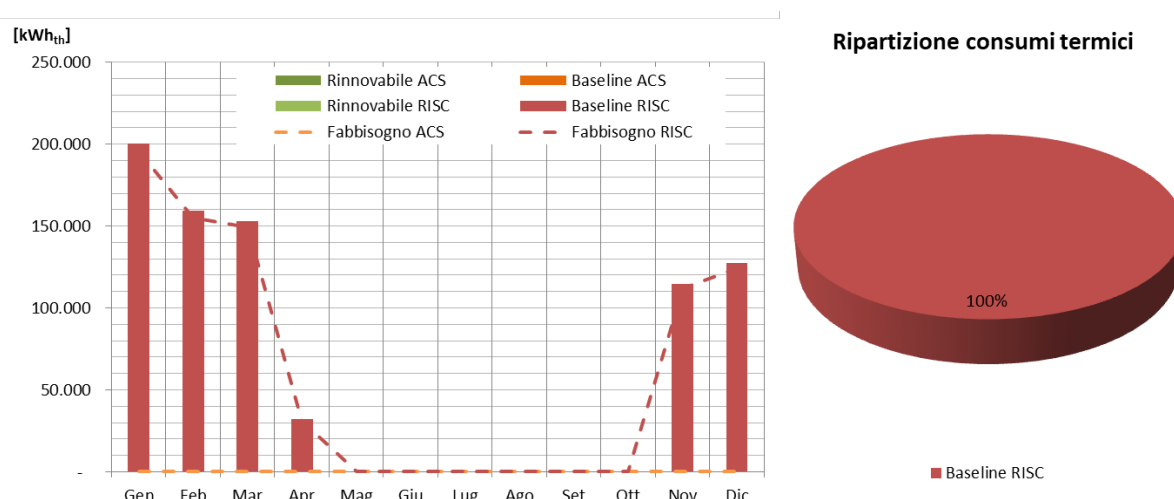
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio   possibile notare che il gas naturale   impiegato interamente per il riscaldamento, mentre il servizio di produzione di ACS viene soddisfatto mediante vettore elettrico. Il principale utilizzo dell’energia elettrica risulta essere l’illuminazione interna.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



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

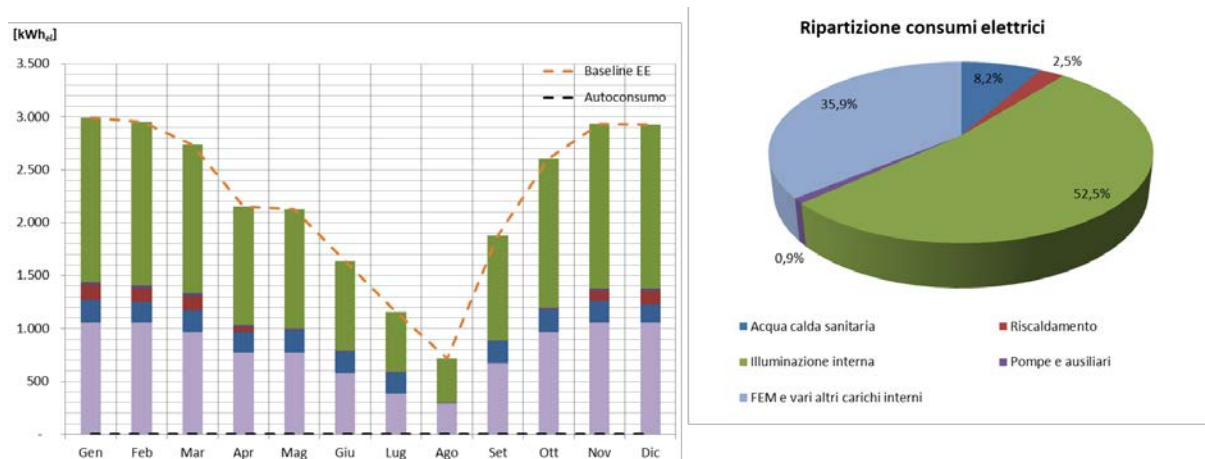
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

Il dato di FEM è stato calcolato come prodotto tra la potenza elettrica complessiva delle apparecchiature elettriche e i relativi profili di utilizzo.

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 interna e all'utilizzo FEM e altri carichi interni, pertanto uno degli interventi migliorativi proposti, andrà ad interessare l'impianto di illuminazione.

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

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 attendibili.

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270038119913: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il prezzo desunto da ARERA per l'anno 2017.

Il calcolo della tariffa è stato effettuato considerando come tipologia di classe del contatore il range G10-G40.

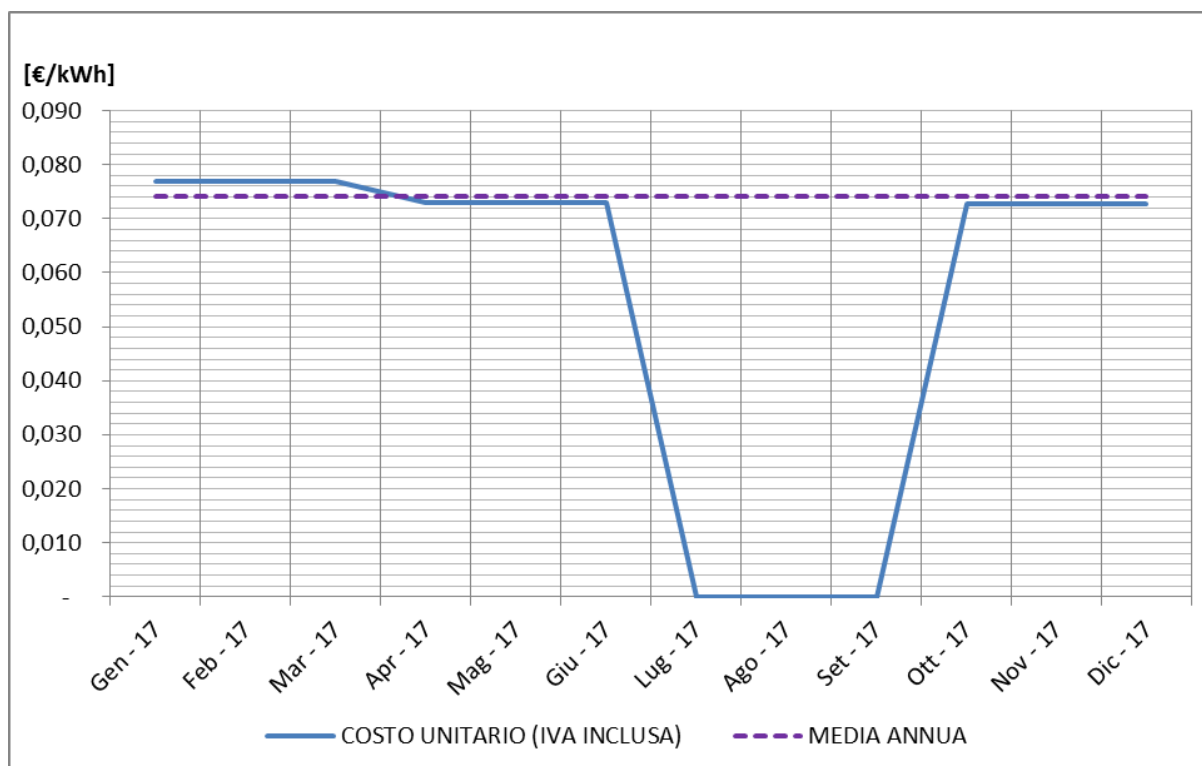
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per l'anno 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,077
Feb - 17	0,077
Mar - 17	0,077
Apr - 17	0,073
Mag - 17	0,073
Giu - 17	0,073
Lug - 17	-
Ago - 17	-
Set - 17	-
Ott - 17	0,073
Nov - 17	0,073
Dic - 17	0,073
Media, CuQ	0,075

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti da ARERA.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00097053 avviene tramite un 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 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097053	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	CORSO LUIGI ANDREA MARTINETTI 77G - GENOVA		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA VIA FRANCIA 1 16124 GENOVA	COMUNE DI GENOVA VIA FRANCIA 1 16124 GENOVA- DIREZIONE PATRIMONIO VIA FRANCIA 1 16124 GENOVA	COMUNE DI GENOVA- DIREZIONE PATRIMONIO VIA FRANCIA 1 16124 GENOVA - COMUNE DI GENOVA PATRIMONIO DEMANIO E SPORT VIA G. GARIBALDI, 9 - 16124 GENOVA
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015 - 31/03/2015	01/01/2016 - 31/03/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	01/04/2015 - 31/12/2015	01/04/2016 - 31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	22 kW	20 kW	20 kW
Potenza elettrica disponibile	22 kW	22 kW	22 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW - CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA6	CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA6- CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitore dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,07	0,07	0,07

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

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00097053	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	137	23	192	24	38	413	3.288	0,126
Feb - 14	340	38	435	54	87	953	2.945	0,324
Mar - 14	215	36	281	35	57	624	2.822	0,221
Apr - 14	158	37	231	26	45	498	2.107	0,236
Mag - 14	149	35	225	25	43	477	2.033	0,235
Giu - 14	105	25	151	18	30	328	1.442	0,227
Lug - 14	77	18	154	14	26	290	1.108	0,261
Ago - 14	62	15	140	11	23	251	917	0,273
Set - 14	133	29	209	23	39	433	1.809	0,239
Ott - 14	189	37	270	32	53	581	2.531	0,230
Nov - 14	199	40	286	34	56	614	2.701	0,227
Dic - 14	175	36	263	31	51	556	2.440	0,228
Totale	1.939	368	2.837	327	547	6.017	26.143	0,230
POD: IT001E00097053	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	PARTE FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	202	38	290	36	57	622	2.893	0,215
Feb - 15	192	38	285	36	55	605	2.843	0,213
Mar - 15	186	38	291	36	55	607	2.172	0,279
Apr - 15	93	-	183	20	30	326	1.567	0,208
Mag - 15	91	-	184	20	29	324	2.151	0,151
Giu - 15	87	-	182	19	29	316	1.485	0,213
Lug - 15	72	-	174	16	26	288	1.145	0,252
Ago - 15	107	-	227	24	36	394	872	0,452
Set - 15	50	-	148	12	21	230	1.660	0,139
Ott - 15	83	-	204	21	31	339	2.814	0,121
Nov - 15	123	-	310	36	47	516	3.047	0,169
Dic - 15	297	60	209	50	62	678	2.604	0,260
Totale	1.582	174	2.686	327	477	5.246	25.253	0,208
POD: IT001E00097053	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

ANNO 2016	PARTE FISSA		PARTE VARIABILE			[€]	[KWH]	(IVA INCLUSA) [€/kWh]
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]			
Gen - 16	128	277	36	-	44	485	2.851	0,170
Feb - 16	127	297	38	-	46	509	3.077	0,165
Mar - 16	259	287	36	-	58	641	2.879	0,223
Apr - 16	140	78	193	33	44	489	2.661	0,184
Mag - 16	147	77	189	33	45	490	2.605	0,188
Giu - 16	93	68	120	20	30	331	1.588	0,208
Lug - 16	84	66	95	15	26	286	1.214	0,235
Ago - 16	63	63	80	13	22	241	1.005	0,240
Set - 16	134	71	143	24	37	409	1.922	0,213
Ott - 16	227	81	207	36	55	606	2.852	0,212
Nov - 16	283	86	236	41	65	710	3.280	0,216
Dic - 16	253	84	224	39	60	660	3.100	0,213
Totale	1.939	1.534	1.598	253	532	5.857	29.034	0,202

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

Figura 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

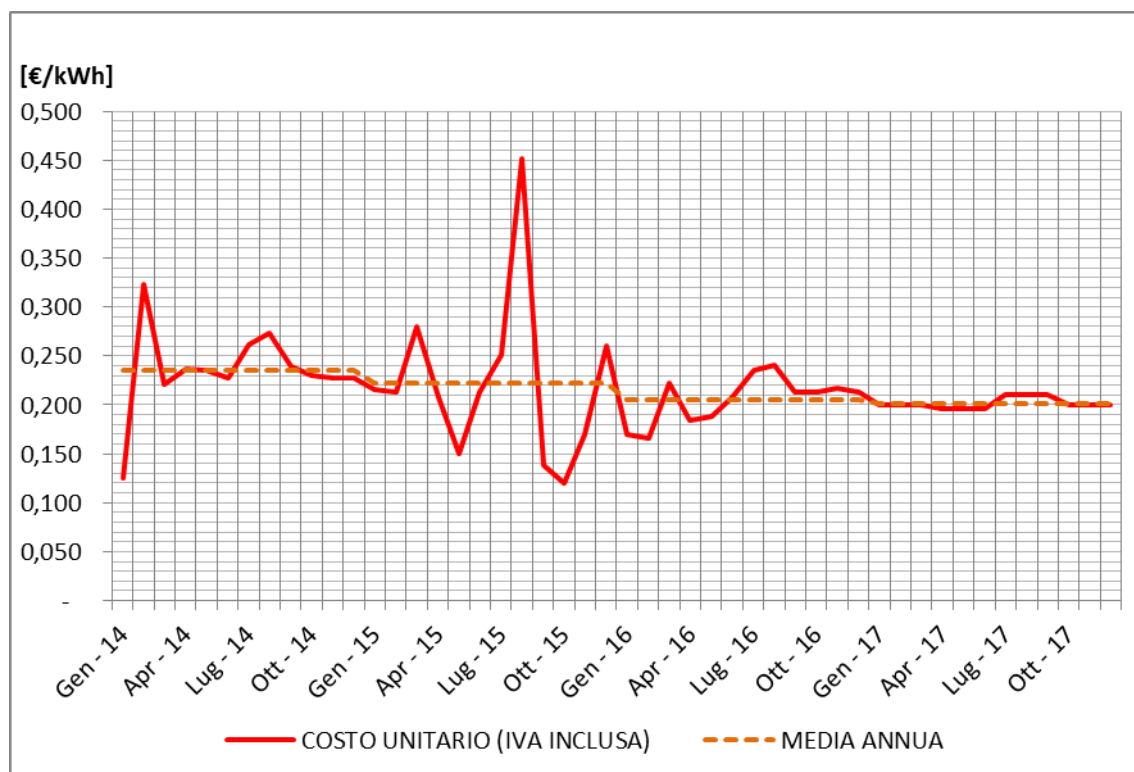
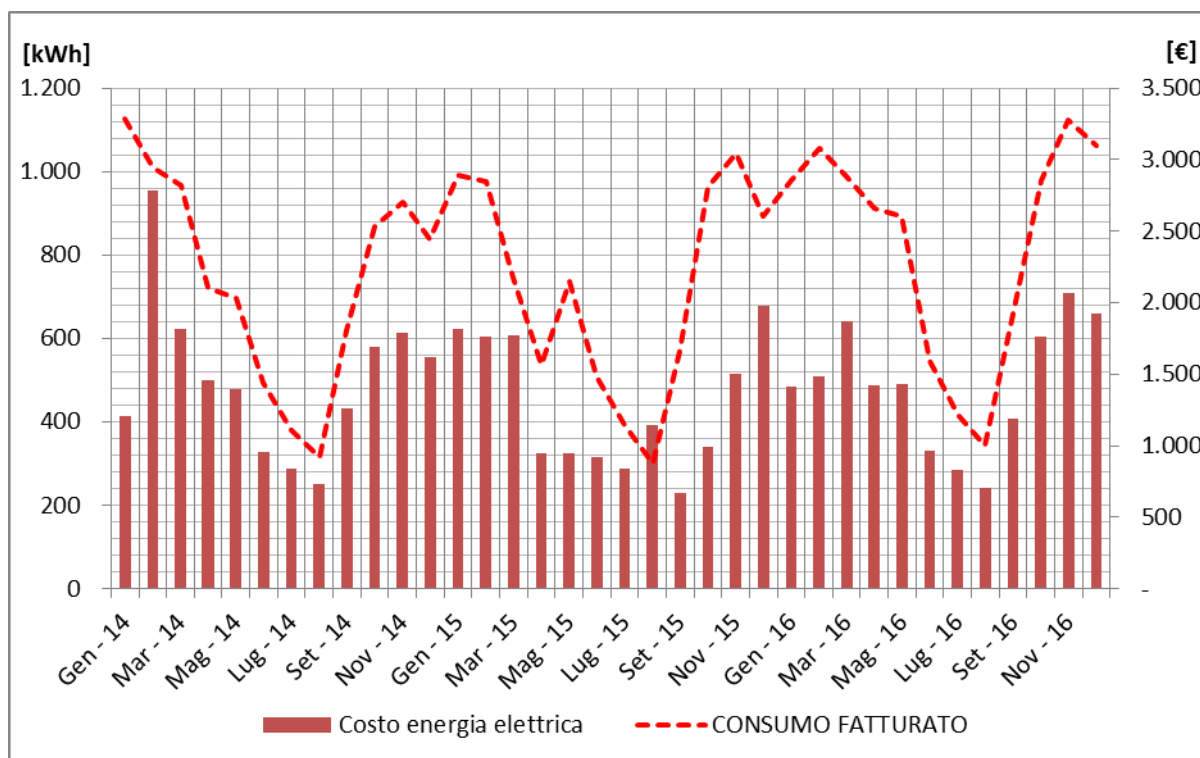


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi di energia elettrica.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

Nella Tabella 7.4 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	511.947	n.d.	n.d.	26.143	6.017	0,23
2015	227.175	n.d.	n.d.	25.253	5.245	0,21
2016	776.867	n.d.	n.d.	29.034	5.856	0,20
Media	505.330	-	-	26.810	5.707	0,21

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	da ARERA per l'anno 2017	Cu _Q	0,075 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	da ARERA per l'anno 2017	Cu _{EE}	0,202 [€/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:

- L1-042-122: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 66.972 €.

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

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

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

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

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

Nel file kyotoBaseline fornito dalla committenza il costo del contratto C_{SIE3} dell'edificio oggetto di DE è stato calcolato sulla base del consumo dell'anno 2015. Tale consumo è da ritenere anomalo in quanto drasticamente diverso dal consumo del 2014 e del 2016 come già specificato nel capitolo 5. È stato quindi necessario calcolare un nuovo prezzo di C_{SIE3} partendo dalla spesa per la fornitura di gas naturale relativa al 2016.

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

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

Definizione			Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM_o	6.033	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s	1.604	[€/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:

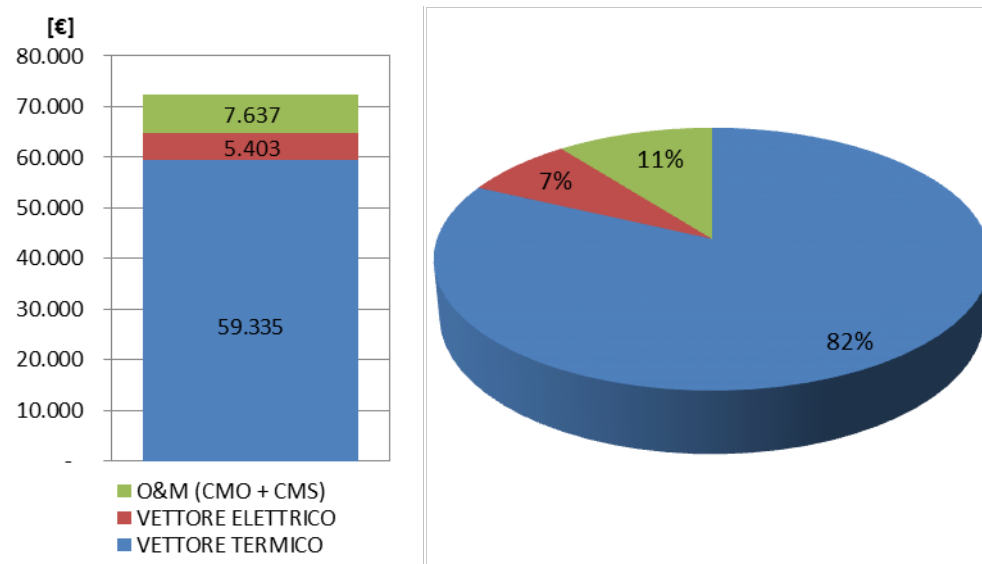
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 64.738 e un $C_{baseline}$ pari a 72.375

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
786.160	0,075	59.335	26.810	0,202	5.403	7.637	6.033	1.604	72.375

Figura 7.4 – 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: sostituzione dei serramenti

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei serramenti presenti nelle aule.

Nello specifico i serramenti da sostituire sono i seguenti: F03 90x115 e F14 530x60.

Figura 8.1 - Particolare serramenti da sostituire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento permette la diminuzione delle dispersioni attraverso i serramenti e gli spifferi esistenti e un netto miglioramento del confort interno e della sicurezza.

Serramenti in pvc e vetro doppio con trasmittanza complessiva pari a 1,5 W/m²K

Infissi in pvc con sistema a giunto aperto, permeabilità all'aria secondo norma EN 12207, tenuta alla pioggia battente secondo norma EN 12208, resistenza al vento secondo la norma EN 12210.

Vetrocamera costituito da due lastre antieffrazione e anticaduta; una lastra è rifinita con uno speciale trattamento basso-emissivo che garantisce un elevato isolamento termico. L'intercapedine tra i vetri è riempita con argon.



Descrizione dei lavori

Inserire nell'opera muraria un'apposita controccassa, su misura da progetto. Successivamente effettuare l'installazione del serramento completo di ferramenta, guarnizioni e vetro per garantire il corretto isolamento termico e acustico.

Il piano di separazione tra clima ambiente e clima esterno sarà realizzato in modo da garantire la protezione del giunto dal clima ambiente. Il rispetto di questo requisito viene assicurato dall'esecuzione in forma di barriera al vapore (nastri di tenuta, sigillanti, membrane impermeabili).

Grazie alla sigillatura esterna, il piano di protezione dagli agenti atmosferici nella zona di raccordo correrà sulla superficie esterna della costruzione.

I fissaggi dovranno trasmettere all'edificio, con la necessaria sicurezza, tutte le forze che agiscono a livello della finestra, tenendo conto dei movimenti che intervengono nella zona di raccordo. Nella fase di progettazione valutare le condizioni della struttura esistente, il rilevamento delle forze agenti

nella zona di raccordo e dei movimenti che interessano tale zona. A seguito di tale analisi verranno scelti i punti e gli elementi di fissaggio.

L'installazione del profilo tramite viti autofilettanti in acciaio, garantirà il diretto fissaggio tra i componenti edilizi, aumentato ulteriormente dall'inserimento di schiuma poliuretanica negli spazi rimanenti, materiale che permette il continuo assestamento del serramento.

Prestazioni raggiungibili

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

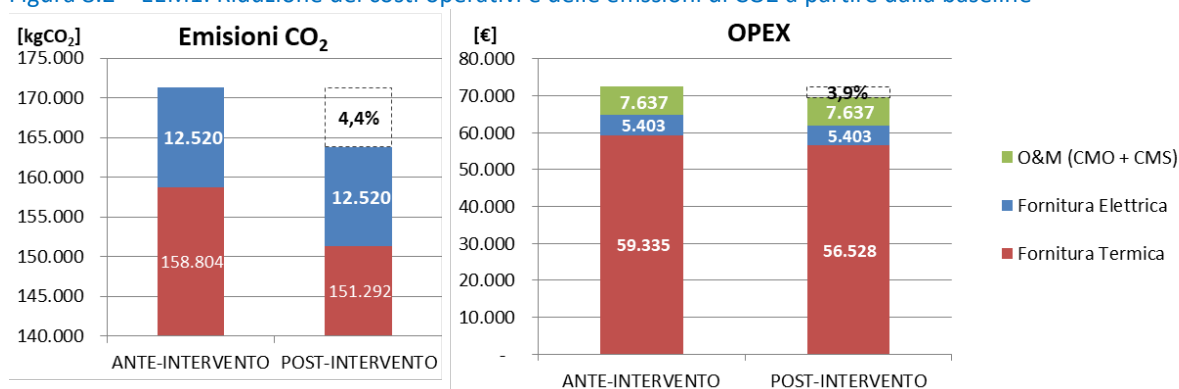
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m²K]	5,7	1,5	73,7%
Q _{teorico}	[kWh]	767.196	730.905	4,7%
EE _{teorico}	[kWh]	28.150	28.150	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	786.160	748.972	4,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	26.810	26.810	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	158.804	151.292	4,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	12.520	12.520	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	171.325	163.813	4,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	59.335	56.528	4,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.403	5.403	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	64.738	61.931	4,3%
C _{MO}	[€]	6.033	6.033	0,0%
C _{MS}	[€]	1.604	1.604	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.637	7.637	0,0%
OPEX	[€]	72.375	69.568	3,9%
Classe energetica	[-]	F	F	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,075 [€/kWh] per il vettore termico e 0,202 [€/kWh]

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



EEM2: isolamento dall'esterno della copertura piana**Generalità**

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso della copertura piana (praticabile e non praticabile) al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

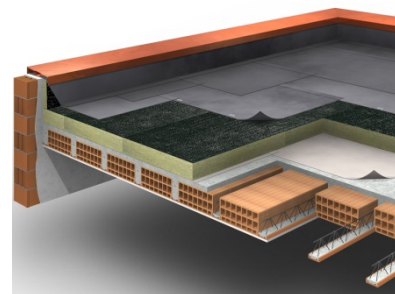
Il sistema comporta l'applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso.

Figura 8.3 - Particolare copertura piana su cui intervenire.

**Caratteristiche funzionali e tecniche**

Questo tipo di soluzione prevede che l'elemento di tenuta sia posto al di sopra dell'elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento).

La protezione dell'elemento termoisolante dall'umidità proveniente dagli ambienti sottostanti mediante barriera al vapore consente al materiale coibente di mantenere le sue caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore.



Lana di roccia ad alta resistenza meccanica, conduttività termica lambda **0,037 W/mK**, 150 kg/m³

Spessore isolante: 14 cm

Descrizione dei lavori

L'intervento è così articolato:

- verifica della planarità della superficie destinata a ricevere la barriera al vapore ed eliminazione di eventuali asperità;
- posa della barriera al vapore;
- posa a secco dei pannelli isolanti in un unico strato sfalsati, avendo cura di accostarli perfettamente fra loro per non creare ponti termici in corrispondenza dei giunti: si utilizzano, per questo, pannelli con bordi perimetrali a battente;
- stesura dello strato di separazione costituito da un tessuto non tessuto in poliestere
- posa del manto impermeabile
- posa di un eventuale strato di protezione della membrana impermeabile

Prestazioni raggiungibili

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

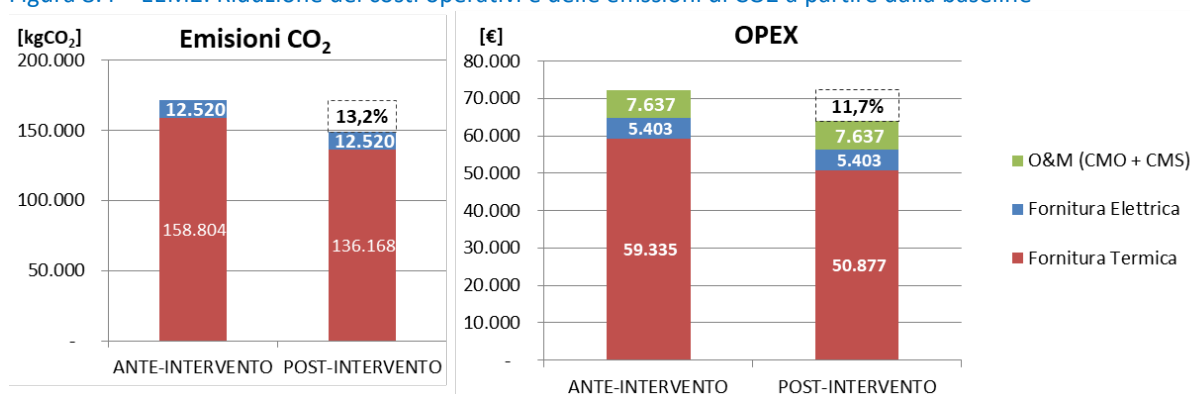
E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – isolamento dall'esterno della copertura piana

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Trasmittanza	[W/m ² K]	1,4	0,22	84,3%
Q _{teorico}	[kWh]	767.196	657.840	14,3%
EE _{teorico}	[kWh]	28.150	28.150	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	786.160	674.101	14,3%
EE _{baseline}	[kWh]	26.810	26.810	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	158.804	136.168	14,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	12.520	12.520	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	171.325	148.689	13,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	59.335	50.877	14,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.403	5.403	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	64.738	56.280	13,1%
C _{MO}	[€]	6.033	6.033	0,0%
C _{MS}	[€]	1.604	1.604	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.637	7.637	0,0%
OPEX	[€]	72.375	63.917	11,7%
Classe energetica	[-]	F	E	+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 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,075 [€/kWh] per il vettore termico e 0,202 [€/kWh]

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


8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione omologato quattro stelle e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe "A", di un sistema di regolazione primario efficiente e di termostatiche su ciascun corpo scaldante.

La caldaia a condensazione- omologata quattro stelle- garantirà temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti. Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite dalla centralina climatica della caldaia. Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La caldaia a condensazione da installarsi sarà del tipo a grande accumulo per limitare il numero di accensioni ed il pendolamento dell'impianto termico. Vista la vetustà dell'impianto termico si provvederà all'installazione di uno scambiatore di calore a pacco alettato smontabile. Si creerà quindi un circuito primario con circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della caldaia. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la caldaia e lo scambiatore mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l'effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all'impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

Figura 8.5 – Particolare sistema di generazione obsoleto da sostituire



Descrizione dei lavori

I lavori consisteranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installato il nuovo generatore di calore con lo scambiatore e realizzato il circuito primario. Allo scambiatore verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l'installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l'ottimizzazione del sistema.



Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

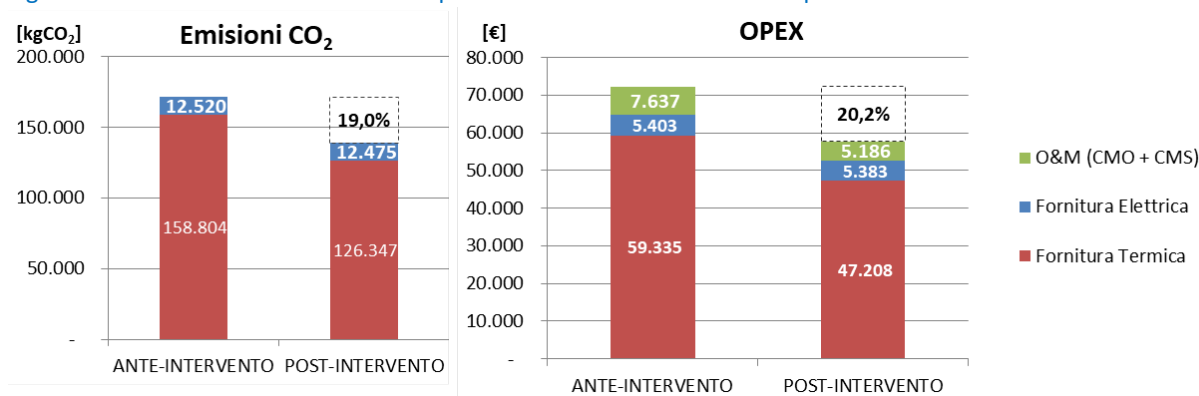
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento	[%]	87	103	-18,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	767.196	610.394	20,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	28.150	28.048	0,4%
$Q_{baseline}$	[kWh]	786.160	625.482	20,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	26.810	26.713	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	158.804	126.347	20,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	12.520	12.475	0,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	171.325	138.822	19,0%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	59.335	47.208	20,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.403	5.383	0,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	64.738	52.591	18,8%
C_{MO}	[€]	6.033	4.223	30,0%
C_{MS}	[€]	1.604	962	40,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.637	5.186	32,1%
OPEX	[€]	72.375	57.777	20,2%
Classe energetica	[-]	F	E	+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 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,075 [€/kWh] per il vettore termico e 0,202 [€/kWh]

Nota (2) La riduzione del 32,1% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessuna EEM prevista in quanto il consumo dell'acqua calda sanitaria risulta poco significativo e non si ritiene conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Nessuna EEM prevista perché l'impianto di ventilazione e climatizzazione estiva non è presente.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'impianto di illuminazione si può ottenere sostituendo le attuali lampade fluorescenti con tubi a led.

L'intervento interessa le lampade 2x36, 1x18 sostituendo e comporta la sostituzione degli apparecchi esistenti con nuovi apparecchi dotati di lampade a led.

Figura 8.7 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Alcuni dei vantaggi che si possono ottenere grazie all'utilizzo della tecnologia a led sono i seguenti:

- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; Di fatto si stima che può facilmente raggiungere oltre le 80000 – 100000 ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno). Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una durata di 4000 – 5000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.
- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

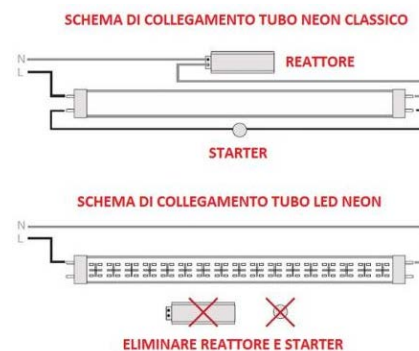
- Efficienza luminosa: L'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt. La tecnologia a **LED** proposta ha una efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **150 lm/W**.
- Salubrità e rischio inquinamento: i LED non contengono gas nocivi alla salute e le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni sono nulle.

Descrizione dei lavori

Per effettuare la sostituzione di un tubo neon classico con tubo led bisogna applicare due modifiche, in quanto il LED richiede una tensione di 220V diretti:

- eliminare lo STARTER
- eliminare il REATTORE connettendo tutti e due i fili sullo stesso morsetto

In questo caso si prevede la sostituzione dell'INTERA PLAFONIERA, cioè andando a sostituire la vecchia plafoniera per tubi neon con un prodotto già privo di alimentatore e starter dotato di apposita certificazione.



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

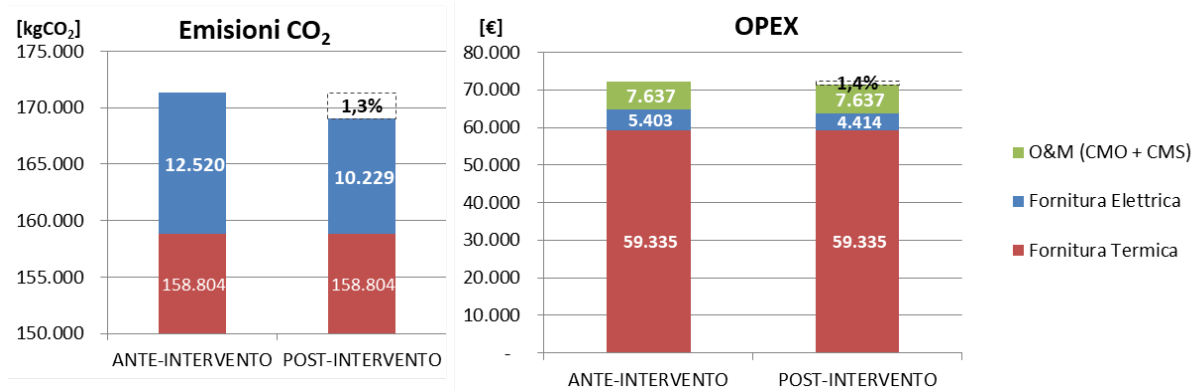
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Efficienza	[lm/W]	84	150	-78,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	767.196	767.196	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	28.150	22.999	18,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	786.160	786.160	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	26.810	21.904	18,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	158.804	158.804	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	12.520	10.229	18,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	171.325	169.034	1,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	59.335	59.335	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.403	4.414	18,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	64.738	63.749	1,5%
C_{MO}	[€]	6.033	6.033	0,0%
C_{MS}	[€]	1.604	1.604	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.637	7.637	0,0%
OPEX	[€]	72.375	71.386	1,4%
Classe energetica	[-]	F	F	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,075 [€/kWh] per il vettore termico e 0,202 [€/kWh]

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

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



8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Nessuna EEM prevista in quanto non sussistono le condizioni per la realizzazione di un impianto a fonti rinnovabili.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: sostituzione dei serramenti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei serramenti.

Tabella 9.1– Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.100	165	mq	39,61	36,01	5.941,50	22%	7.248,63
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	165	mq	328,90	299,00	49.335,00	22%	60.188,70
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	165	mq	47,62	43,29	7.143,00	22%	8.714,46
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.872,59	22%	2.284,55
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			4.369,37	22%	5.330,63
TOTALE (I₀ – EEM1)						68.661,45	22%	83.766,97
Incentivi	-							-
Durata incentivi								-
Incentivo annuo								-

EEM2: isolamento dall'esterno della copertura piana

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'isolamento dall'esterno della copertura piana.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 37.432 euro.

Tabella 9.2– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	200 €/m ²
Valore massimo incentivo	400.000 €

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

Tabella 9.3– Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	1656	mq	6,55	5,95	9.860,73	22%	12.030,09
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	1656	mq	5,67	5,15	8.535,93	22%	10.413,83
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	23184	mq cm	2,00	1,82	42.152,73	22%	51.426,33
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	720	mq	14,03	12,75	9.183,27	22%	11.203,59
Costi per la sicurezza	-	3%	%			2.091,98	22%	2.552,22
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			4.881,29	22%	5.955,17
TOTALE (I₀ – EEM2)						76.705,92	22%	93.581,22
Incentivi	Conto termico 2.0							37.432
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								7.486

EEM3: sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 16.337 euro.

Tabella 9.4– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	130 €/kW
Valore massimo incentivo	40.000 €

Tabella 9.5– Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Caldaia condensazione, acciaio inox AISI316, portata 520Kw	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B15.040	1	cad	20.303,25	18.457,50	18.457,50	22%	22.518,15



E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520	1	cad	253,00	230,00	230,00	22%	280,60
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 351 Kw a 700 Kw	Prezziario Regione Liguria 40.C10.B10.130	1	cad	461,09	419,17	419,17	22%	511,39
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.020	5	cad	21,13	19,21	96,05	22%	117,18
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.015	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	22%	162,75
Opere edili Operaio Qualificato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	22%	572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	22%	1.414,31
Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.015	100	m ³ km	4,72	4,29	429,09	22%	523,49
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	87	cad	35,42	32,20	2.801,40	22%	3.417,71
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.115	1	cad	1.916,48	1.742,25	1.742,25	22%	2.125,55
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.145	1	cad	4.587,21	4.170,19	4.170,19	22%	5.087,63

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
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: fino a 40 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.010	1	cad	43,05	39,14	39,14	22%	47,75
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 65 mm fino a 80 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.030	1	cad	63,62	57,84	57,84	22%	70,56
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	2	cad	€ 22,69	20,63	41,25	22%	50,33
Costi per la sicurezza	-	3%	%			913,03	22%	1.113,89
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2.130,39	22%	2.599,08
TOTALE (I₀ – EEM3)						33.477,59	22%	40.842,66
Incentivi	Conto termico 2.0							16.337
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								3.267

EEM4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di circa 23.100 euro.

Tabella 9.6– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	35 €/m ²
Valore massimo incentivo	70.000 €

Tabella 9.7– Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.02.070.0020	244	cad	5,73	5,21	1.271,02	22%	1.550,64
Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione - lampada led 4000K 3700lm potenza 31 W - modulo da 300x1200 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0120.a	172	cad	260,87	237,15	40.790,58	22%	49.764,51

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Lampade a led corpo ceramico, temperatura di colore 2700° K - potenza 6 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0180.b	72	cad	14,85	13,50	972,00	22%	1.185,84
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.291,01	22%	1.575,03
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			3.012,35	22%	3.675,07
TOTALE (I₀ – EEM4)						47.336,96	22%	57.751,09
Incentivi	Conto termico 2.0							23.100
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								4.620

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: sostituzione dei serramenti

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

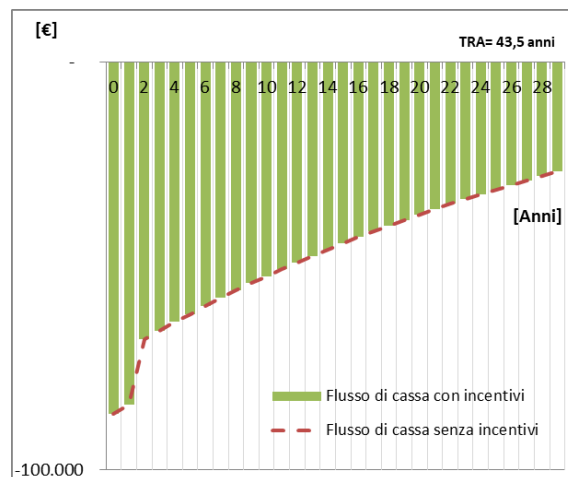
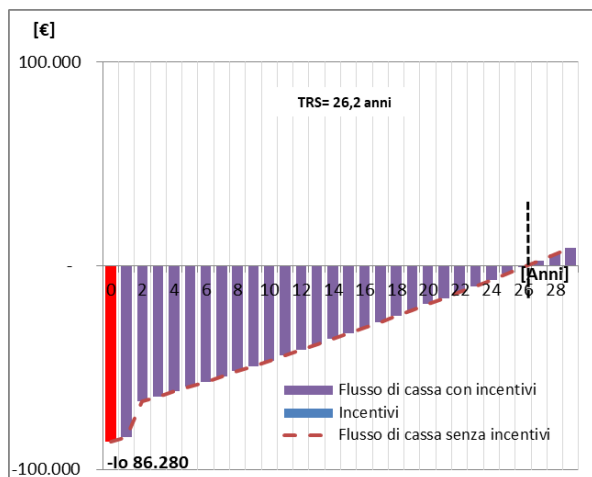
Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– sostituzione dei serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	83.767
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	-
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	26,2	26,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	43,5	43,5
Valore attuale netto	VAN	- 26.825	- 26.825
Tasso interno di rendimento	TIR	0,8%	0,8%
Indice di profitto	IP	-0,32	-0,32

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 la EEM1 non risulta economicamente vantaggiosa sebbene la sostituzione dei serramenti nelle aule dell’edificio oggetto di DE è da ritenere prioritario per il miglioramento dell’efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

EEM2: isolamento dall'esterno della copertura piana

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

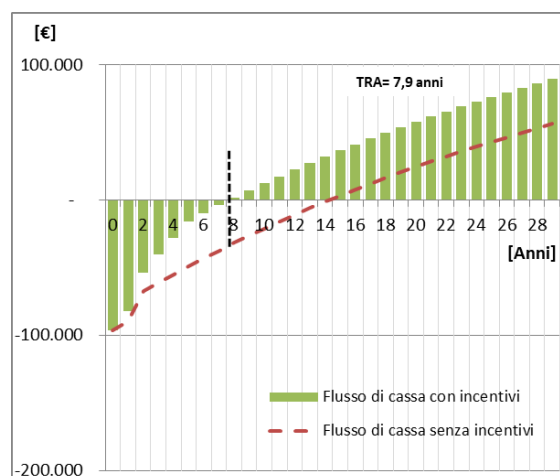
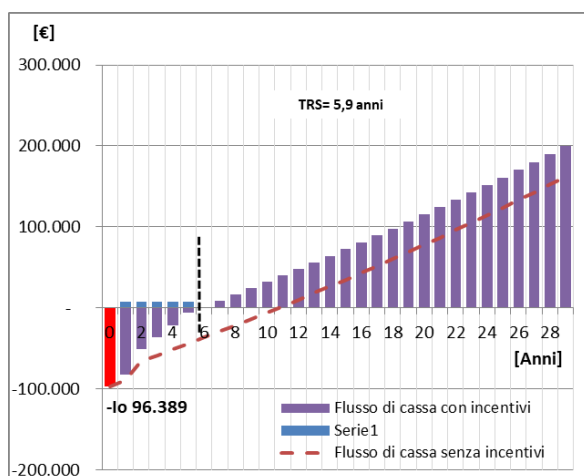
Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– isolamento dall'esterno della copertura piana

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	93.581
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	7.486
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	10,7	5,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	14,5	7,9
Valore attuale netto	VAN	56.286	89.615
Tasso interno di rendimento	TIR	8,7%	13,0%
Indice di profitto	IP	0,60	0,96

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM2 risulta economicamente vantaggiosa e prioritaria per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

EEM3: Sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

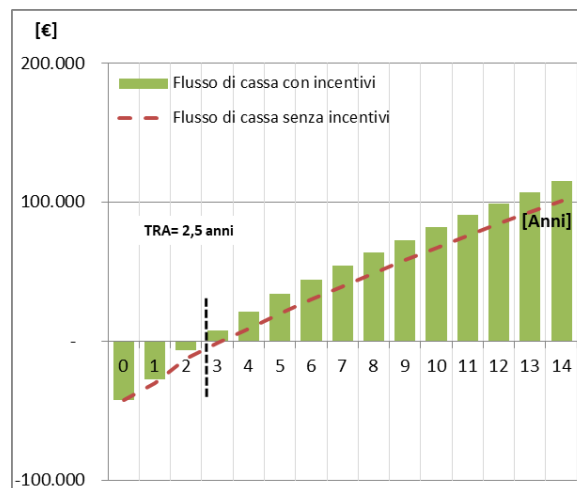
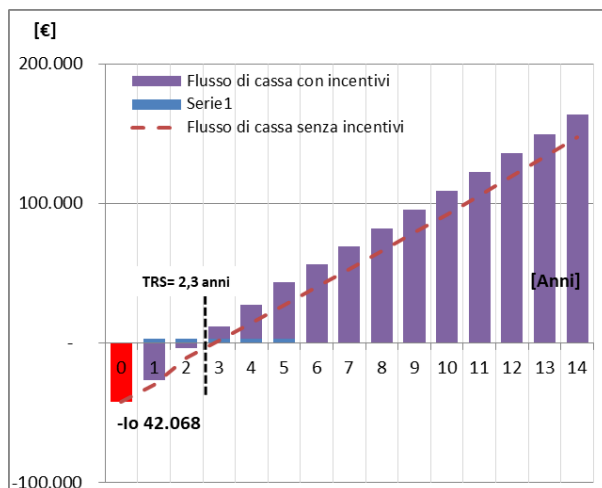
Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	40.843
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	3.267
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,9	2,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,3	2,5
Valore attuale netto	VAN	101.013	115.559
Tasso interno di rendimento	TIR	32,3%	39,0%
Indice di profitto	IP	2,47	2,83

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 la EEM3 risulta economicamente vantaggiosa e prioritaria per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

EEM4: Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

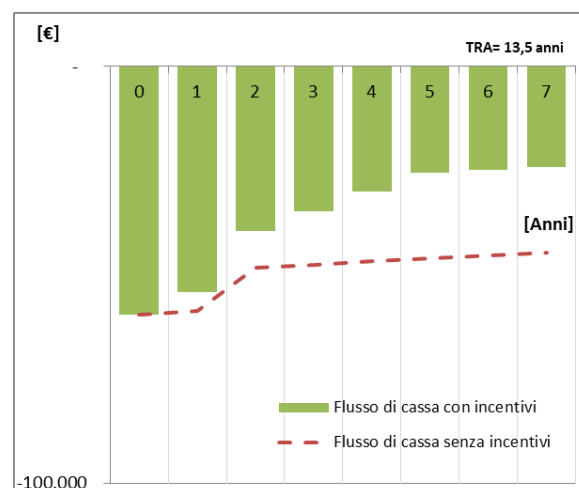
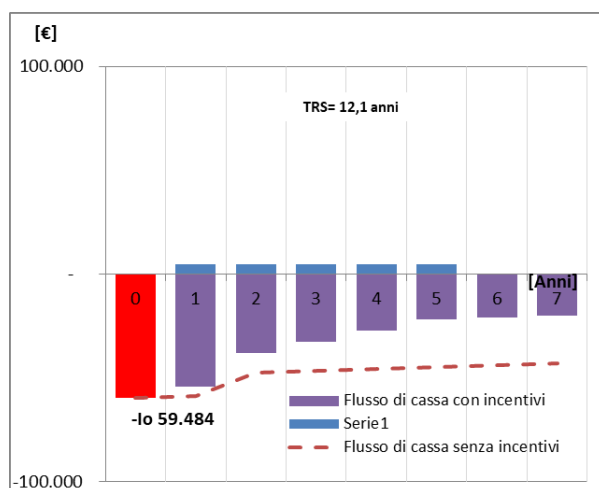
Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	57.751
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	4.620
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	29,1	12,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	32,3	13,5
Valore attuale netto	VAN	- 44.761	- 24.193
Tasso interno di rendimento	TIR	-31,9%	-12,6%
Indice di profitto	IP	-0,78	-0,42

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM4 non risulta economicamente vantaggiosa se si considera una vita utile di 8 anni; l'installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza porterebbe ad una significativa riduzione i consumi di energia elettrica dovuti all'utilizzo dell'impianto di illuminazione interna.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.12 e Tabella 9.13.

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

SENZA INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	4,3%	4,4%	2.807	0	0	83.767	26,2	43,5	30	-26.825	0,8%	-0,32	-	-
EEM 2	13,1%	13,2%	8.458	0	0	93.581	10,7	14,5	30	56.286	8,7%	0,60	-	-
EEM 3	18,8%	19,0%	12.146	1.810	642	40.843	2,9	3,3	15	101.013	32,3%	2,47	-	-
EEM 4	1,5%	1,3%	989	0	0	57.751	29,1	32,3	8	-44.761	-31,9%	-0,78	-	-

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

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

Dalla sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi, emerge che tutti gli interventi, eccetto EEM4, hanno un TRS inferiore alla propria vita utile ma solo le misure EEM2 e EEM3 risultano economicamente vantaggiose.

Tabella 9.13 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	4,3%	4,4%	2.807	0	0	83.767	26,2	43,5	30	-26.825	0,8%	-0,32	-	-
EEM 2	13,1%	13,2%	8.458	0	0	93.581	5,9	7,9	30	89.615	13,0%	0,96	-	-
EEM 3	18,8%	19,0%	12.146	1.810	642	40.843	2,3	2,5	15	115.559	39,0%	2,83	-	-
EEM 4	1,5%	1,3%	989	0	0	57.751	12,1	13,5	8	-24.193	-12,6%	-0,42	-	-

Dalla sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi, emerge che tutti gli interventi, eccetto EEM4, hanno un TRS inferiore alla propria vita utile ma solo le misure EEM2 e EEM3 risultano economicamente vantaggiose.

La misura EEM1 ha gli stessi risultati nella Tabella 9.12 e Tabella 9.13 poiché non sono previsti incentivi.

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

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

La scelta degli scenari ottimali 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 intenderanno accettabili le soluzioni che verificano i seguenti scenari economici:

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

- 1) *Debt Service Cover Ratio* (DSCR):

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

- **Scenario 1: EEM2 + EEM3:** Tale scenario consiste nell'isolamento della copertura piana, nella sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione delle valvole termostatiche.
- **Scenario 2: EEM1 + EEM2 +EEM3:** Tale scenario consiste nella sostituzione dei serramenti, nell'isolamento della copertura piana e nella sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione ed installazione delle valvole termostatiche.

9.3.1 Scenario 1: EEM2 + EEM3

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

- EEM 2: isolamento dall'esterno copertura piana
- EEM 3: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

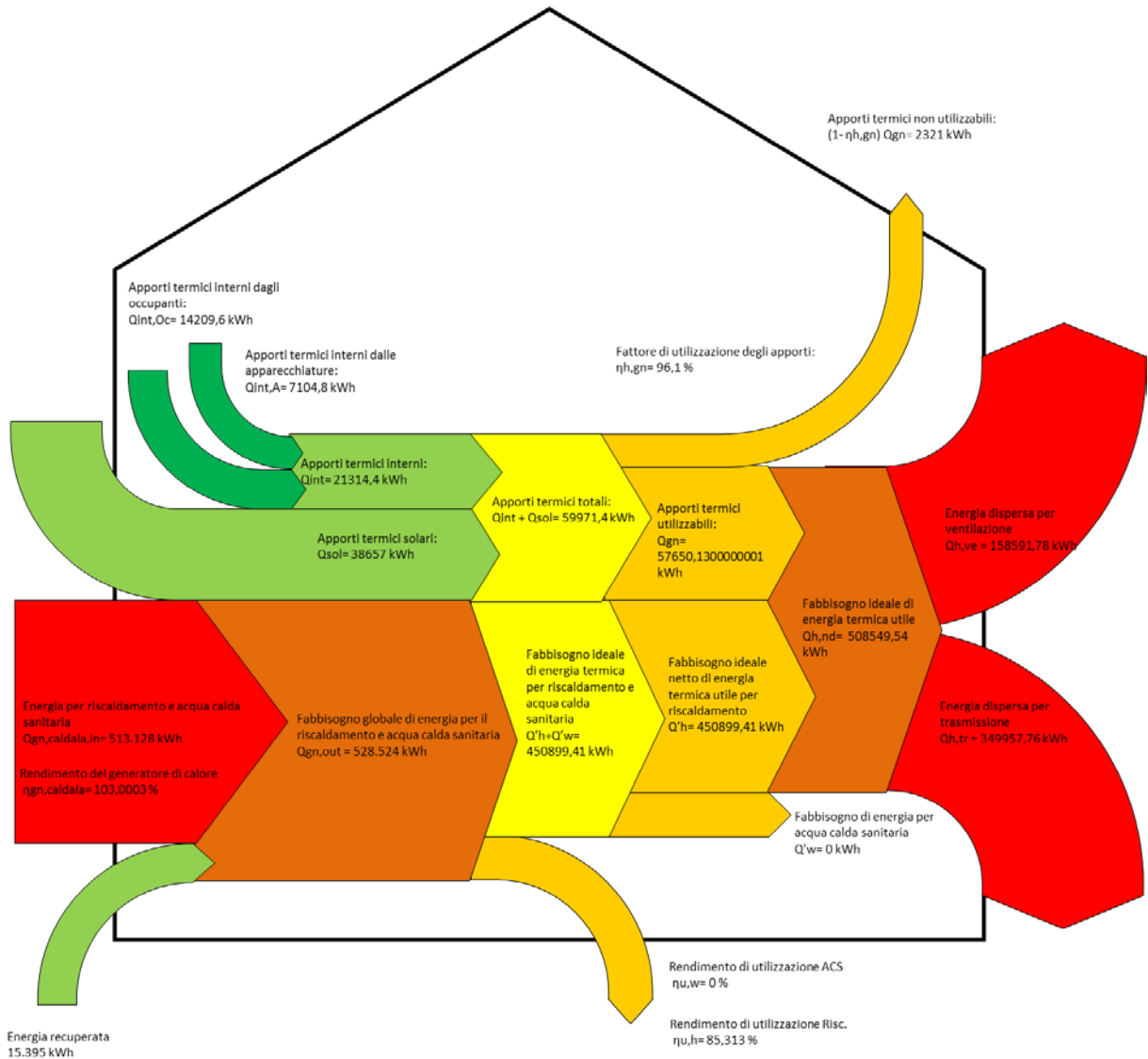
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	69.733	15.341	85.074
EEM3 Fornitura & Posa	30.434	6.696	37.130
Costi per la sicurezza	3.005	661	3.666
Costi per la progettazione	2.130	6.424	8.554
TOTALE (I₀)	105.302	29.122	134.424
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	4.223	962	5.186
TOTALE (C_M)	4.223	962	5.186
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	73.933	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		14.787	

Tabella 9.15– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	55%
Costo massimo ammissibile per EEM2	200 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM3	130 €/kWt
Valore massimo incentivo EEM2	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	40.000 €

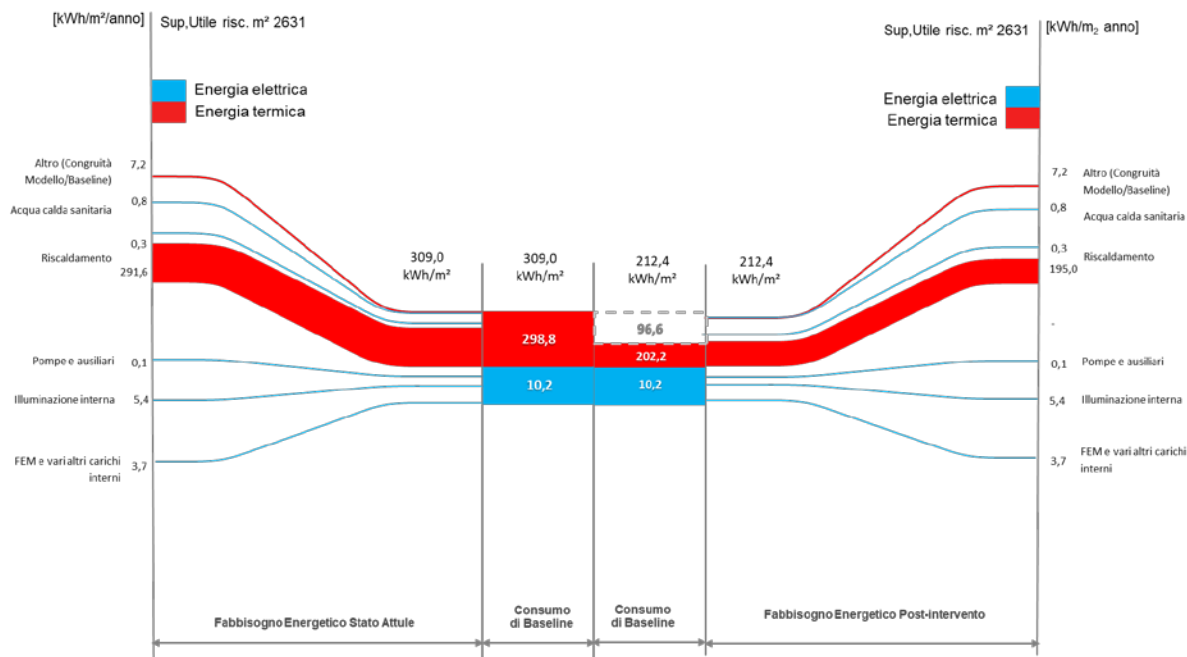
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il rendimento del generatore di calore è migliorato rispetto alla situazione attuale (da 87% a 103%) e grazie alla condensazione beneficia dell'energia recuperata. Il rendimento di utilizzazione per il riscaldamento è 85%.

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



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.11

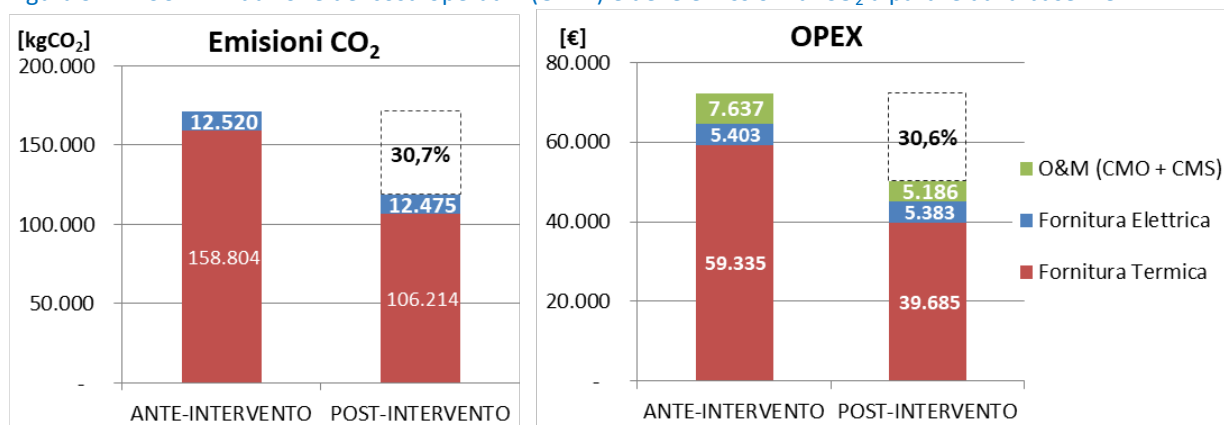
Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1 – EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 Trasmittanza	[W/m²K]	1,4	0,22	84,3%
EEM3 Rendimento	[%]	87	103	-18,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	767.196	513.128	33,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	28.150	28.048	0,4%
$Q_{baseline}$	[kWh]	786.160	525.812	33,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	26.810	26.713	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	158.804	106.214	33,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	12.520	12.475	0,4%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	171.325	118.689	30,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	59.335	39.685	33,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.403	5.383	0,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	64.738	45.069	30,4%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	6.033	4.223	30,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	1.604	962	40,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.637	5.186	32,1%
OPEX	[€]	72.375	50.254	30,6%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,075 [€/kWh] per il vettore termico e 0,202 [€/kWh]

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1–EEM2+EEM3

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 134.424
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 4.033
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 138.457
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 110.765
Equity	I_E	€ 27.691
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 13.342
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 133.423
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 22.658

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	53.064
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	6.260
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	59.324
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		30,4%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		32,1%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	14.454
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	2.966
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	152.052
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	21.695
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		61,07%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	6.040
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.618
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	3.830
Canone O&M €/anno	CnM	€	4.413
Canone Energia €/anno	CnE	€	40.456
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	44.870
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	11.488
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	56.357
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	24.240
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	60.601
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

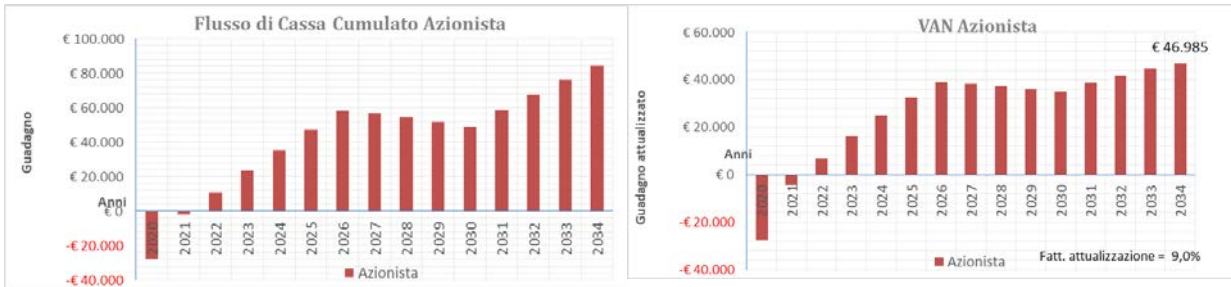
Tabella 9.19 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		5,88
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		6,60
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	61.462
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		12,83%
Indice di Profitto	IP		45,72%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,16
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,38
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	46.985
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		59,98%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,453
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,473
Indice di Profitto Azionista	IP		34,95%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



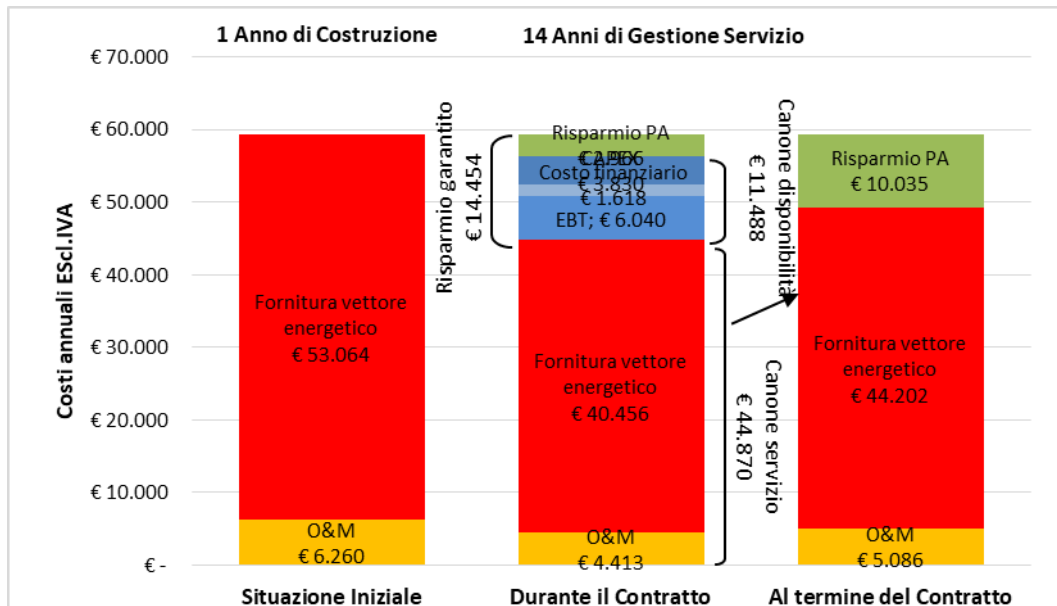
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo Scenario 1 risulta conveniente e il TRS è intorno ai 2 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 9.14.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3

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

- EEM 1: sostituzione dei serramenti
- EEM 2: isolamento dall'esterno copertura piana
- EEM 3: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

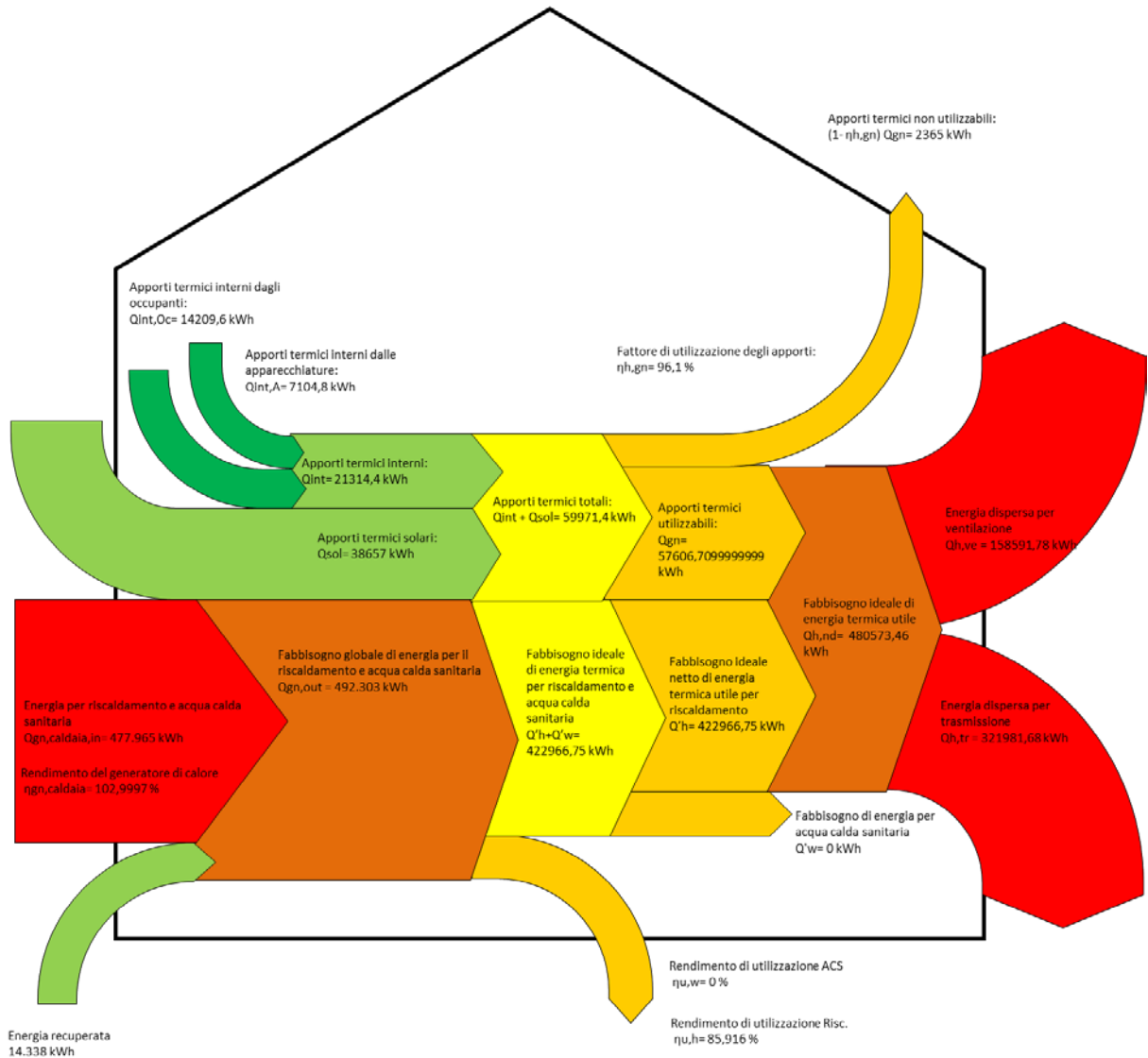
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	62.420	13.732	76.152
EEM2 Fornitura & Posa	69.733	15.341	85.074
EEM3 Fornitura & Posa	30.434	6.696	37.130
Costi per la sicurezza	4.878	1.073	5.951
Costi per la progettazione	11.381	2.504	13.885
TOTALE (I₀)	178.845	39.346	218.191
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	4.223	962	5.186
TOTALE (C_M)	4.223	962	5.186
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	120.005	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		24.001	

Tabella 9.21– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	55%
Costo massimo ammissibile per EEM1	450 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM2	200 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM3	130 €/kWt
Valore massimo incentivo EEM1	100.000 €
Valore massimo incentivo EEM2	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	40.000 €

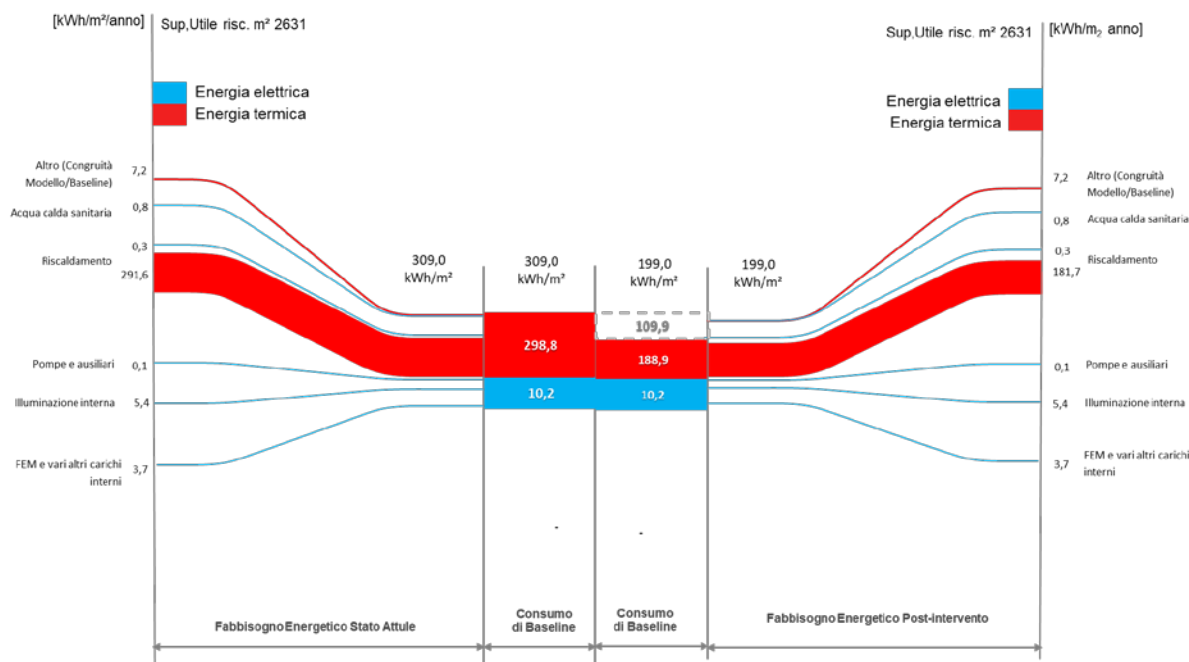
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il rendimento del generatore di calore è migliorato rispetto alla situazione attuale (da 87% a 103%) e grazie alla condensazione beneficia dell'energia recuperata. Il rendimento di utilizzazione per il riscaldamento è 86%.

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



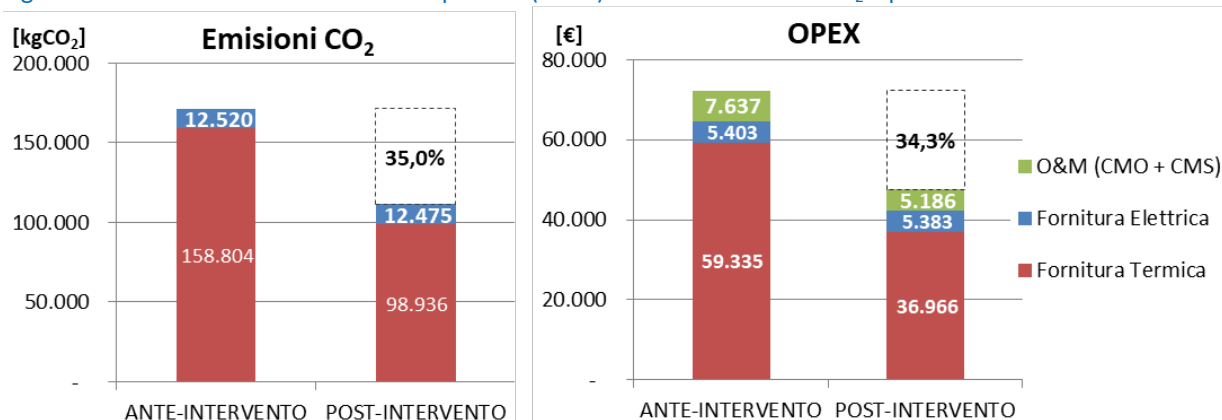
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.22 e nella Figura 9.17.

Tabella 9.22 – Risultati analisi SCN2 – EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza	[W/m ² K]	5,7	1,5	73,7%
EEM2 Trasmittanza	[W/m ² K]	1,4	0,22	84,3%
EEM3 Rendimento	[%]	87	103	-18,4%
Q _{teorico}	[kWh]	767.196	477.965	37,7%
EE _{teorico}	[kWh]	28.150	28.048	0,4%
Q _{baseline}	[kWh]	786.160	489.780	37,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	26.810	26.713	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	158.804	98.936	37,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	12.520	12.475	0,4%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	171.325	111.411	35,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	59.335	36.966	37,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.403	5.383	0,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	64.738	42.349	34,6%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	6.033	4.223	30,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	1.604	962	40,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.637	5.186	32,1%
OPEX	[€]	72.375	47.535	34,3%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,075 [€/kWh] per il vettore termico e 0,202 [€/kWh]

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 9.23, Tabella 9.24 , Tabella 9.25 e nelle successive figure.

Tabella 9.23 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2–EEM1 + EEM2+EEM3

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	13
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 218.191
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 6.546
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 224.737
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 179.789
Equity	I_E	€ 44.947
Fattore di annualità Debito	FA _D	10,24
Rata annua debito	q_D	€ 17.566
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 228.356
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D = $q_D * n_D - D$	€ 48.566

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

Tabella 9.24 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	53.064
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€	6.260
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	59.324
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		34,6%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		32,1%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		4,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	14.347
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	2.373
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	350.611
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	27.459
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		67,54%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	6.324
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	2.024
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	3.626
Canone O&M €/anno	CnM	€	4.527
Canone Energia €/anno	CnE	€	40.450
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	44.976
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	11.974
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	56.951
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	39.346
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	98.365
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.25 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,67
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,49
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 94.100
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	10,51%
Indice di Profitto	IP	43,13%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,29
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,55
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 64.851
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	54,10%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,326
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,486
Indice di Profitto Azionista	IP	29,72%

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



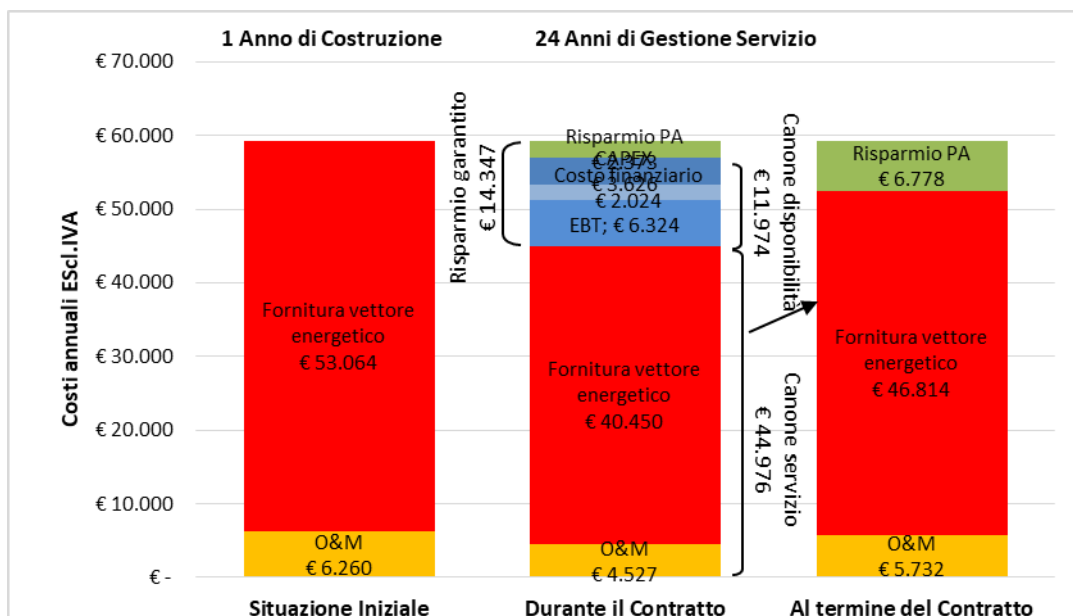
Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo Scenario 2 risulta conveniente e il TRS lato ESCO è vicino ai 2 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

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE è INSUFFICIENTE per l'indice IEN_R che BUONO per l'indice IEN_E . Il valore IEN_R per l'anno 2015 non è stato considerato in quanto il consumo risulta anomalo.

COMBUSTIBILE	IEN_R			IEN_E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	25,8	10,9	36,0	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	4,9	4,7	5,4

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante l'isolamento della copertura, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante la sostituzione dei serramenti nelle aule, l'isolamento della copertura, l'isolamento a cappotto delle pareti perimetrali, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

Nel caso con incentivi, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1 e DSCR maggiore di 1,3.

CON INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	30,4%	30,7%	19.669	1.810	642	134.424	2,2	2,4	15	46.985	60,0%	0,35	1,5	1,5
SCN 2	34,6%	35,0%	22.389	1.810	642	218.191	2,3	2,5	25	64.851	54,1%	0,30	1,3	1,5

Nel caso senza incentivi, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, solo lo scenario 1 risulta economicamente vantaggioso anche se con un valore di DSCR inferiore a 1,3.

SENZA INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	30,4%	30,7%	19.669	1.810	642	134.424	12,2	13,5	15	3.734	2,8%	0,03	1,1	1,3
SCN 2	34,6%	35,0%	22.389	1.810	642	218.191	18,0	32,2	25	-5.351	7,1%	-0,02	1,0	1,3

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'analisi dei consumi di energia termica ed elettrica e dei possibili scenari di intervento dell'edificio oggetto di DE ha portato alle seguenti conclusioni:

- gli impianti per la produzione e la distribuzione di energia presentano bassi rendimenti
- è stata constatata la presenza di elevate dispersioni di calore dall'edificio
- è stato constatato un sovrariscaldamento degli ambienti

In questo caso si registra un impiego di risorse energetiche maggiore di quello necessario per questo motivo si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro.

Si suggerisce pertanto di prendere in considerazione:

- una riqualificazione dell'involucro edilizio
- una riqualificazione impiantistica con caldaia a condensazione

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con in accordo con il protocollo EVO (Efficiency Valutation Organization) per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

Per poter massimizzare i benefici delle EEM proposte si suggerisce la realizzazione di campagne di sensibilizzazione degli utenti finali volte a:

- favorire un uso più razionale dell'energia incrementando la consapevolezza delle proprie azioni sul risparmio energetico
- migliorare la gestione dei sistemi di regolazione, come ad esempio le valvole termostatiche, attraverso l'informazione agli utenti circa il loro funzionamento.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
01	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	10/1997	E01345
02	TAVOLA PIANO 1 EDIFICIO	10/1997	PIAN1
03	TAVOLA PIANO 2 EDIFICIO	10/1997	PIAN2
04	TAVOLA PIANO 3 EDIFICIO	10/1997	PIAN3
05	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO	10/1997	PIANC
06	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	10/1997	PIANT
07	SCHEDA CENTRALE TERMICA	05/2017	122-P00-P01
08	CENSIMENTO PIANO TERRA	05/2017	L1-042-122-P00
09	CENSIMENTO PIANO 1	05/2017	L1-042-122-P01
10	CENSIMENTO PIANO 2	05/2017	L1-042-122-P02
11	CENSIMENTO PIANO 3	05/2017	L1-042-122-P03
12	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-122-P00-Checklist
13	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-122-P01-Checklist
14	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	05/2017	L1-042-122-P02-Checklist
15	CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST	05/2017	L1-042-122-P03-Checklist
16	FATTURA DEL 06/03/2014	-	5700065495
17	FATTURA DEL 20/03/2014	-	5700098218
18	FATTURA DEL 23/04/2014	-	5700134957
19	FATTURA DEL 27/05/2014	-	5700176145
20	FATTURA DEL 23/06/2014	-	5700214975
21	FATTURA DEL 21/07/2014	-	5700248944
22	FATTURA DEL 08/08/2014	-	5700261595
23	FATTURA DEL 12/09/2014	-	5700291206
24	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345541
25	FATTURA DEL 13/11/2014	-	5700373449
26	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411327
27	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700493139
28	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544142
29	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750081967
30	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544142
31	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750081967
32	FATTURA DEL 07/05/2015	-	E000140844
33	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
34	FATTURA DEL 03/06/2015	-	E000175672
35	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337522
36	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
37	FATTURA DEL 01/07/2015	-	E000234065
38	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281520
39	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
40	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386676
41	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281520
42	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337522
43	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
44	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386676
45	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337522
46	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929

*E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena*

47	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386676
48	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
49	FATTURA DEL 02/11/2015	-	E000432863
50	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483582
51	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018557
52	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
53	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483582
54	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018557
55	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084135
56	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
57	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018557
58	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084135
59	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
60	FATTURA DEL 16/06/2016	-	E000310245
61	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150590
62	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150590
63	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084136
64	FATTURA DEL 26/04/2016	-	E000218121
65	FATTURA DEL 26/04/2016	-	E000218120
66	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334604
67	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238237
68	FATTURA DEL 26/04/2016	-	E000218121
69	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334604
70	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150590
71	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238237
72	FATTURA DEL 01/06/2016	-	E000278554
73	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334604
74	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238237
75	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025276
76	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087947
77	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025276
78	FATTURA DEL 25/07/2016	-	011640048519
79	FATTURA DEL 24/08/2016	-	011640060830
80	FATTURA DEL 26/09/2016	-	011640074903
81	FATTURA DEL 19/12/2016	-	011640126640
82	FATTURA DEL 14/03/2017	-	011740042571
83	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100078
84	FATTURA DEL 16/01/2017	-	011740001581

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI PLANIMETRIA P00	03/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – ELABORATI PLANIMETRIA P01	03/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – ELABORATI PLANIMETRIA P02	03/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2
04	ALLEGATO B – ELABORATI PLANIMETRIA P03	03/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3
05	ALLEGATO B- ANALISI FATTURE	03/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
06	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
07	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1345 Grafici_Template_rev13

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Il presente allegato è finalizzato ad illustrare l'utilizzo o motivare il mancato utilizzo degli strumenti di diagnostica strumentale dichiarati nella Proposta Tecnica (Relazione illustrativa sulla metodologia di lavoro e gestione della commessa).

RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

Le risorse strumentali in dotazione dedicate all'appalto, descritte nel suddetto documento, sono di seguito elencate.

N.	Strumento
01	DISTANZIOMETRO LASER LEICA Disto A2
02	SPESSIVETRO MERLIN GLAZER GMGlass
03	LUXMETRO DELTA-OHM HD 2102.2
04	TERMOFLUSSIMETRO EXTRATECH THERMOZIG SN20/21/22/23/24
05	TERMOCAMERA FLIR T335
06	TERMOIGROMETRO EXTECH MO297
07	Centralina Microclimatica DELTA-OHM HD 32.3
08	PINZA AMPEROMETRICA FLUKE 345

STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

MISURE METRICHE

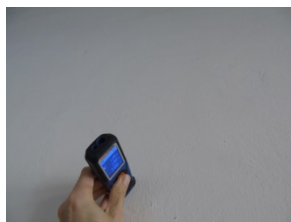
Distanziometro e bindella metrica

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di metro laser e bindella metrica al fine di verificare le misure planimetriche del fabbricato e rilevare le dimensioni dei serramenti, le quote e gli spessori dei componenti edilizi.

A seconda del tipo di misura da rilevare è stato utilizzato il primo o il secondo strumento, sulla base della praticità di impiego.

Tali strumenti, per loro natura, non producono un output ma restituiscono valori da leggere istantaneamente; ad ogni modo il modello tridimensionale dell'edificio elaborato con il software di calcolo è da considerarsi come il risultato delle misure effettuate, riproducendo fedelmente tutte le caratteristiche plani-volumetriche reali.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo degli strumenti durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



Spessivetro

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di uno spessivetro al fine di rilevare le caratteristiche dimensionali dei vetri.

Analogamente alle altre misure metriche, lo strumento, per sua natura, non produce un output ma restituisce valori da visualizzare istantaneamente; gli esiti delle misure sono riportati nel paragrafo 4.1.2.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo dello strumento durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



MISURE ILLUMINOTECNICHE

Durante il sopralluogo non sono stati rilevate palesi situazioni di inadeguatezza del livello di illuminamento e non sono state riscontrate segnalazioni di particolari criticità in merito da parte degli utenti intervistati. Non essendo l'illuminamento un parametro di input della modellazione energetica e non essendo la progettazione illuminotecnica ambito del presente lavoro, si è ritenuto non necessario, stante l'assenza di anomalie, un approfondimento diagnostico attraverso l'utilizzo di un luxmetro.

ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

L'acquisizione dei dati necessari per la diagnosi energetica di un edificio esistente risulta spesso problematica a causa delle difficoltà di reperimento dei dati progettuali. Per questo motivo, in assenza di informazioni precise, risulta indispensabile effettuare delle misure strumentali sul campo. Per quanto concerne la valutazione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio si procede tenendo conto dei seguenti possibili scenari:

Condizione	Metodo
Stratigrafia della struttura nota (sono disponibili i disegni aggiornati del progetto architettonico o della relazione di legge 10/91)	La trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946
Stratigrafia della struttura non nota ma edificio riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie	La trasmittanza viene stimata avvalendosi di opportuni abachi di riferimento (ES: raccomandazioni CTI, norma UNI / TS 11300)
Stratigrafia della struttura non nota	Si esegue un foro nella struttura (endoscopio o carotaggio) per determinare la stratigrafia e si procede al calcolo in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 Si determina la trasmittanza mediante misura in opera (termoflussimetria) in accordo con la norma ISO 9869

Nel caso non sia possibile determinare la stratigrafia della struttura o non siano note le proprietà termofisiche dei materiali utilizzati, il rilievo termoflussimetrico risulta essere l'unica metodologia di indagine non invasiva.

Stima della trasmittanza della muratura dell'edificio oggetto di audit

Nel caso in esame le strutture del fabbricato sono riconducibili a tipologie edilizie di cui si conoscono le stratigrafie, grazie alla ridondanza di informazioni a disposizione:

Tipo di informazione	Dettaglio
Informazioni reperite sull'edificio	Epoca costruttiva
Evidenze di sopralluogo	Riscontro acustico (suono pieno/vuoto) Spessori murari rilevati con bindella metrica
Rilievo termografico	Osservazione diretta della trama muraria attraverso la tecnica della termografia attiva Osservazione indiretta della composizione muraria attraverso l'analisi dei ponti termici caratteristici della tipologia edilizia

RILIEVI TERMOIGROMETRICI

Durante il sopralluogo sono state effettuate misure di temperatura e umidità relativa sia all'esterno sia all'interno degli ambienti, aventi le seguenti finalità:

- 1) individuazione di eventuali anomalie legate al comfort termoigrometrico;
- 2) individuazione di eventuali anomalie legate alla regolazione degli impianti termici;
- 3) quantificazione dei parametri di settaggio della termocamera.

Per quanto concerne i primi due punti, le misurazioni istantanee effettuate tramite il termoigrometro sono risultate congruenti con quanto dichiarato dagli utenti, pertanto non si è ritenuto necessario procedere all'installazione della centralina climatica per acquisire dati in continuo.

Per l'ultimo punto, il termoigrometro rappresenta infine l'unico strumento idoneo, in quanto la termocamera richiede come dati di input i valori di temperatura e umidità relativa registrati istantaneamente al momento del rilievo.

Di seguito si riporta la fotografia che documenta l'utilizzo del termoigrometro durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



MISURE ELETTRICHE

Durante il sopralluogo è stato effettuato un censimento di dettaglio di tutte le utenze elettriche presenti all'interno del fabbricato. Ove possibile sono stati rilevati i dati di targa riportanti la potenza o l'assorbimento nominale. Tali dati sono stati utilizzati, congiuntamente agli orari di utilizzo, per stimare il consumo annuo di ciascuna utenza. Per le apparecchiature sprovviste di targa non è stato ad ogni modo necessario effettuare rilievi strumentali, infatti, trattandosi di dispositivi di comune utilizzo nelle scuole è stato possibile avvalersi di valori di letteratura e/o derivanti dall'esperienza pregressa in attività svolte in edifici aventi una dotazione analoga.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	01/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFatto

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoH-ApeScenario2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoI-Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoK-SchedeOre

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF SCENARI CON INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	04/2018	DE_Lotto.2-E1345_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

ALLEGATO N – CD-ROM