

SCUOLA ELEMENTARE "A.MAMELI" e SCUOLA MATERNA STATALE "V.BOLOGNA 86"

E1574

VIA BOLOGNA 86, 16127, GENOVA (GE)

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



SCUOLA ELEMENTARE "A.MAMELI" e SCUOLA MATERNA STATALE "V.BOLOGNA 86" E1574

VIA BOLOGNA 86, 16127, GENOVA (GE)

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	Revisioni come richiesti 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	Revisioni come richiesti 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	1
1 INTRODUZIONE	3
1.1 PREMessa	3
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	3
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	4
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	4
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	5
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	8
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	9
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	9
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	9
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI.....	10
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	11
3 DATI CLIMATICI	13
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	13
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	14
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	14
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	16
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	16
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	16
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	33
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	37
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	44
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	44
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	44
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	45
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	48
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49



7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	51
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	51
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	51
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	53
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	56
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	57
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	57
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	58
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	61
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	61
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	68
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	75
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4.....</i>	77
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM2.....</i>	82
10	CONCLUSIONI	89
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	89
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	89
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	89
	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	A

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	-	1966
Anno di ristrutturazione	-	Anno 2014: Sostituzione bruciatore Anno 1996: Sostituzione gruppo caldaia
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.106
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.047
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	13.316
Rapporto S/V	[1/m]	0,30
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.616
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	900
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.516
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore standard modulante a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	473-275 (P utile)
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Boiler Elettrico ad accumulo
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	59,01
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	199.657
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	15.688
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	46.049
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	9.350

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM1: isolamento dall'esterno della copertura piana
- EEM2: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche
- EEM3: installazione impianto solare termico per produzione ACS
- EEM4: installazione di impianto fotovoltaico
- SCN 1: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4
- SCN 2: EEM1 + EEM2

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

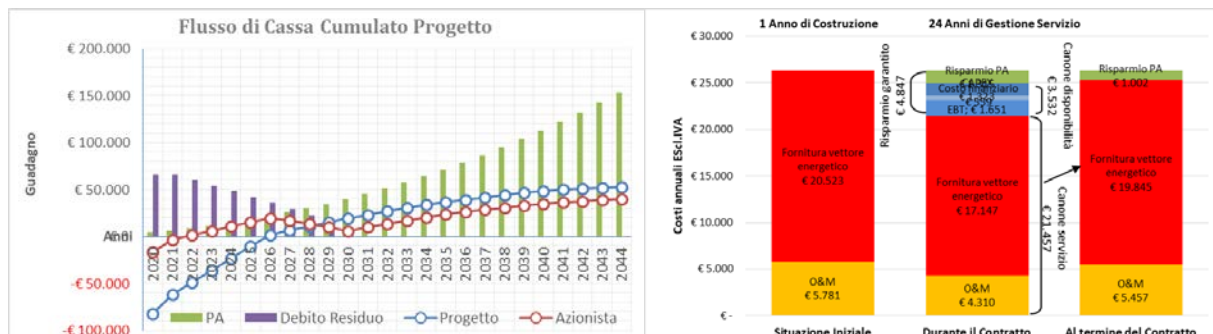
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	13,7%	14,3%	3.441	0	0	51.121	7,9	10,9	30	29.840	10,0%	0,58	-	-
EEM 2	16,1%	16,7%	4.023	1.671	444	42.740	4,3	4,8	30	35.147	17,1%	0,82	-	-
EEM 3	2,1%	1,9%	519	0	0	12.990	16,2	19,8	30	<0	-1,5%	-0,25	-	-
EEM 4	2,8%	2,6%	712	0	0	25.821	29,3	36,3	15	<0	-9,5%	-0,60	-	-
SCN 1	49,6%	79,1%	2.264	969	3.233	118.391	2,3	2,7	15	26.077	47,08%	0,220	1,35	1,15
SCN 2	30,0%	45,2%	1.370	364	1.734	79.580	2,8	3,2	25	14.378	35,56%	0,18	1,21	1,46

Figura 0.1 – 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).

Entrambi gli scenari prevedono interventi che coinvolgono sia l'involucro edilizio sia gli impianti termico ed elettrico, compreso il ricorso allo sfruttamento di forme di energia rinnovabile.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l'ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR (si veda Capitolo 9.3). Dei due scenari proposti, lo scenario SCN1 presenta valori superiori a quelli richiesti per entrambi gli indici, mentre lo scenario SCN2 presenta un buon valore di LLCR ma uno di DSCR al di sotto del limite richiesto, anche se di poco.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a ovest



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società 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.

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. Vittoria Citterio Ing. Alessandro Cieli		Sopralluogo in sito
Ing. Vittoria Citterio		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Vittoria Citterio		Elaborazione dei dati geometrici e 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 A, foglio 29 Mapp. 143, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere San Teodoro.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Primaria e scuola dell'infanzia.

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	-	1966
Anno di ristrutturazione	-	Anno 2014: Sostituzione bruciatore Anno 1996: Sostituzione gruppo caldaia
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso	-	E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.106
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.047
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	13.316
Rapporto S/V	[1/m]	0,30
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.616

**E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale**

Superficie lorda aree esterne	[m ²]	900
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.516
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore di calore standard modulante a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	473-275 (P utile)
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Boiler Elettrico ad accumulò
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	59,01
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	199.657
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	15.688
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	46.049
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	9.350

Nota (1): Valori di Baseline

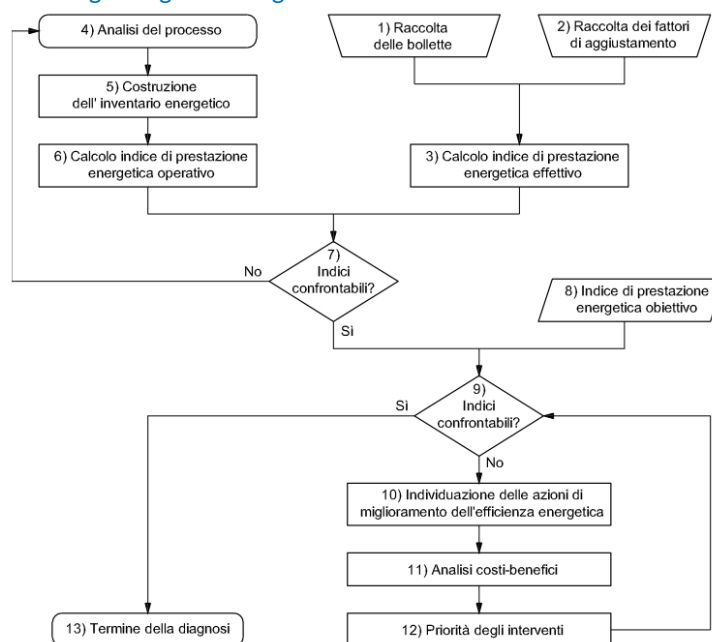
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 23/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- 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, Assisat, 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_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;

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

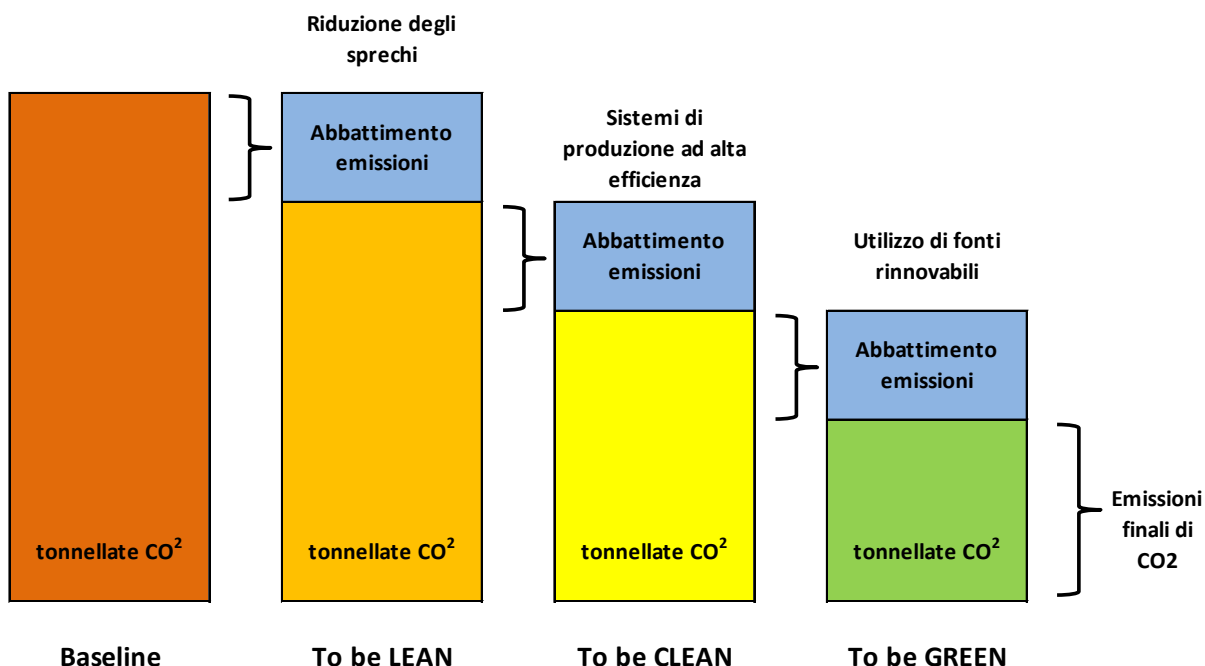
Figura 1.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata un'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:

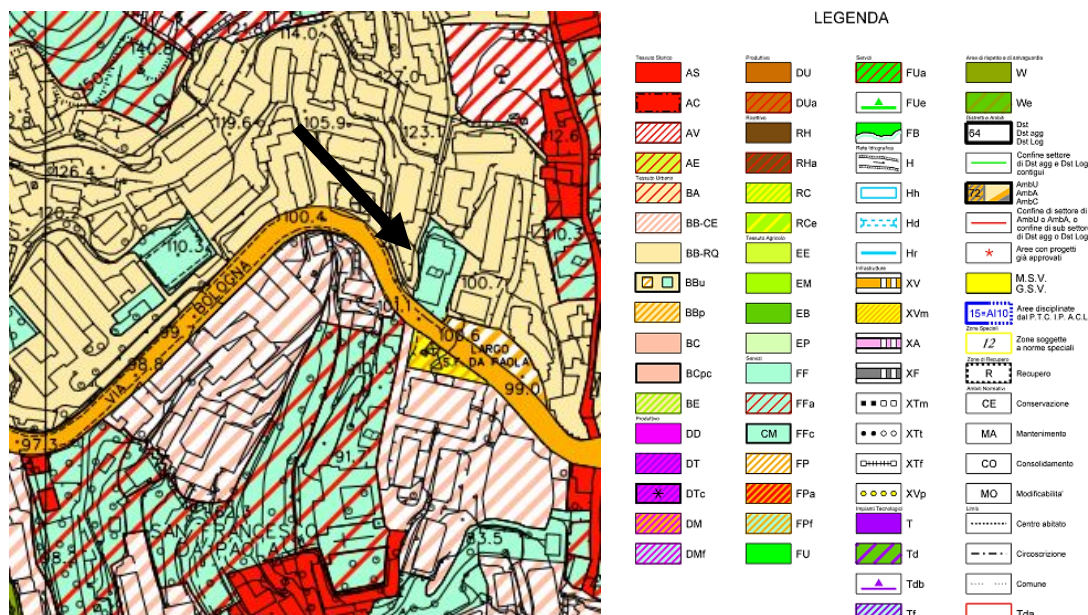
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 del 03/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona FF, 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 Mameli e scuola materna statale è stato realizzato nel 1966.

La centrale termica è stata parzialmente ristrutturata (sostituzione del generatore di calore nel 1996 e del bruciatore nel 2014).

L'edificio ricade 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 400 utenti tra studenti, docenti e collaboratori. 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 7 piani fuori terra, nei quali si sviluppano le aule ed i locali accessori alla didattiche.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Piano Terra	Ingresso e Locale di servizio	[m ²]	76,90	62,00	0
Piano Primo	Aule e servizi e Centrale termica	[m ²]	644,96	539,00	0
Piano Secondo	Aule e servizi, Cucina e Refettorio	[m ²]	687,59	624,00	0
Piano Terzo	Aule e servizi	[m ²]	687,59	606,00	0
Piano Quarto	Aule e servizi e Palestra	[m ²]	715,73	638,00	0
Piano Quinto	Aule e servizi e Auditorium	[m ²]	715,73	637,00	0
Piano Sesto	Locali di servizio	[m ²]	87,06	0,00	0
TOTALE		[m ²]	3.616	3.106	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

Il quartiere San Teodoro è un quartiere di Genova, compreso tra i quartieri di Sampierdarena ad ovest, Rivarolo a nord-ovest, Lagaccio e Prè a est. Verso sud il quartiere è affacciato sull'area portuale compresa tra la Stazione Marittima e la Lanterna, dedicata principalmente al traffico passeggeri.

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 non risulta sottoposto a vincoli.

Nell'analisi delle EEM non è stato necessario identificare le possibili interferenze; si procede comunque alla compilazione della Tabella 2.2.

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

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

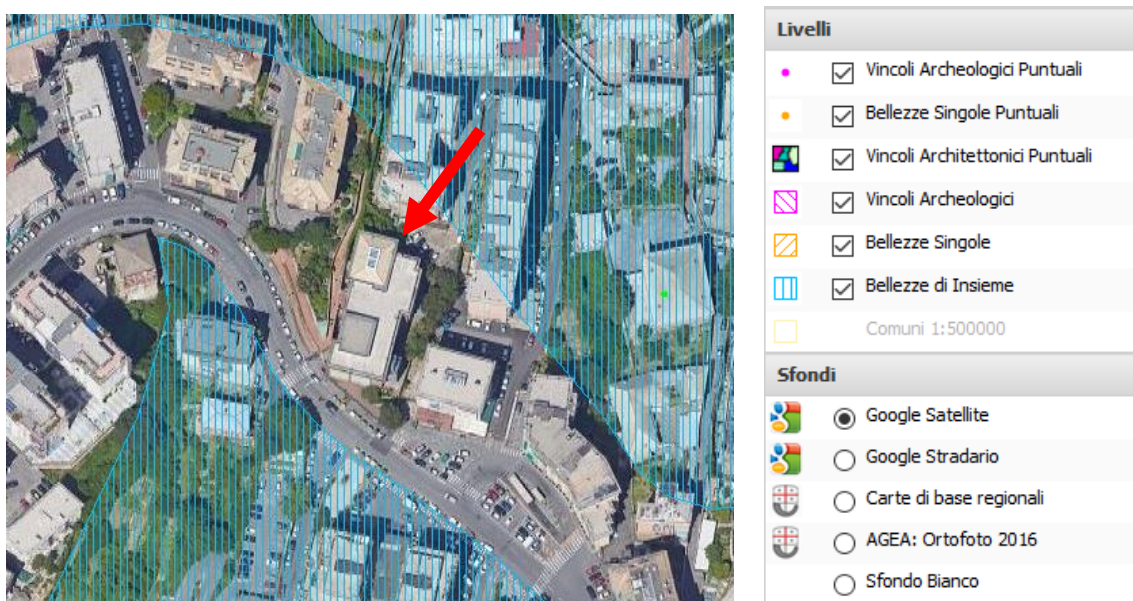


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: isolamento dall'esterno della copertura piana	-		-
EEM 2: sostituzione del generatore di calore obsoleto con pompa di calore e installazione di valvole termostatiche	-		-
EEM 4: installazione impianto solare termico per produzione ACS	-		-
EEM 5: installazione di impianto fotovoltaico	-		-

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 occupazione 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 dell'impianto termico sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti (11 ore giornaliere da lunedì a venerdì). Non sono invece disponibili i dati delle temperature di settaggio del riscaldamento ma li si è ipotizzati sulla base dei rilievi eseguiti.

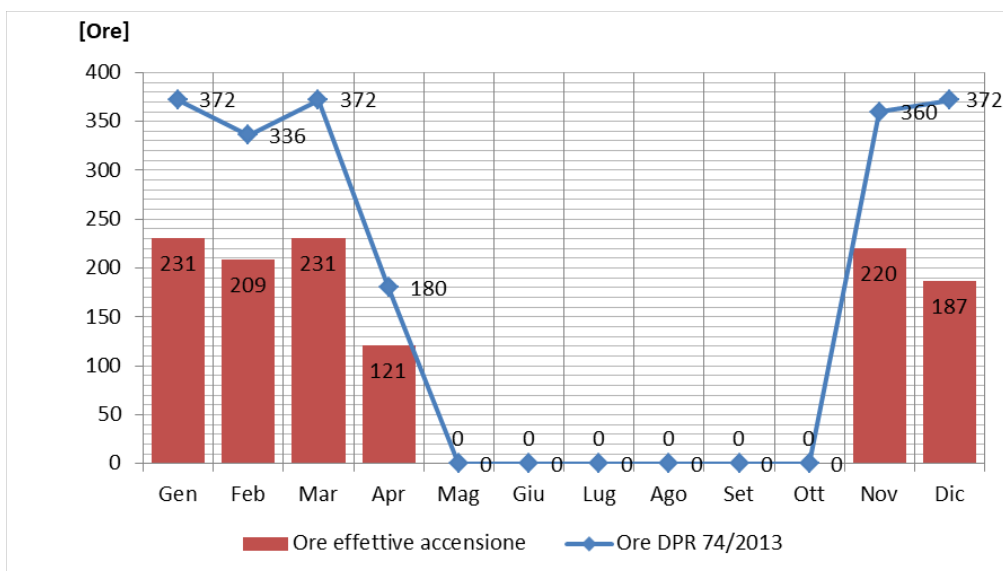
Nella Tabella 2.3 sono riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segnala 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 il personale docente utilizza l'edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell'anno scolastico.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.15-17.30	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 sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni. L’impianto infatti funziona 11 ore giornaliere mentre le ore di occupazione effettiva sono 10.

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, comprensivo quindi di tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici – inclusa l’assunzione del ruolo di Terzo Responsabile – e di tutti gli impianti ad essi connessi. Il contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 e 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 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile 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	181	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%

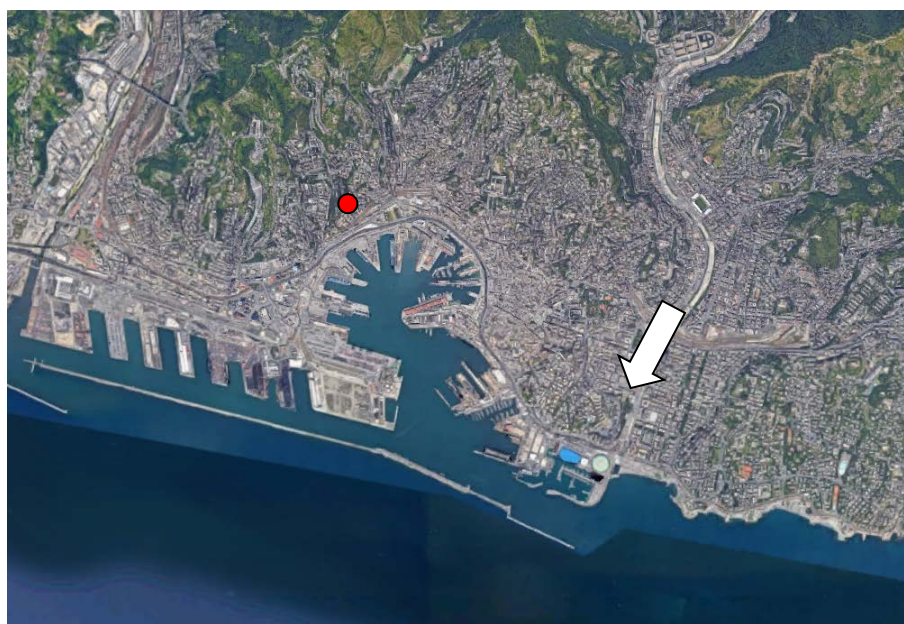
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 centralina in quanto è la stazione climatica con i dati disponibili per le tre annualità (2014-2015-2016) più vicina all'edificio oggetto di DE.

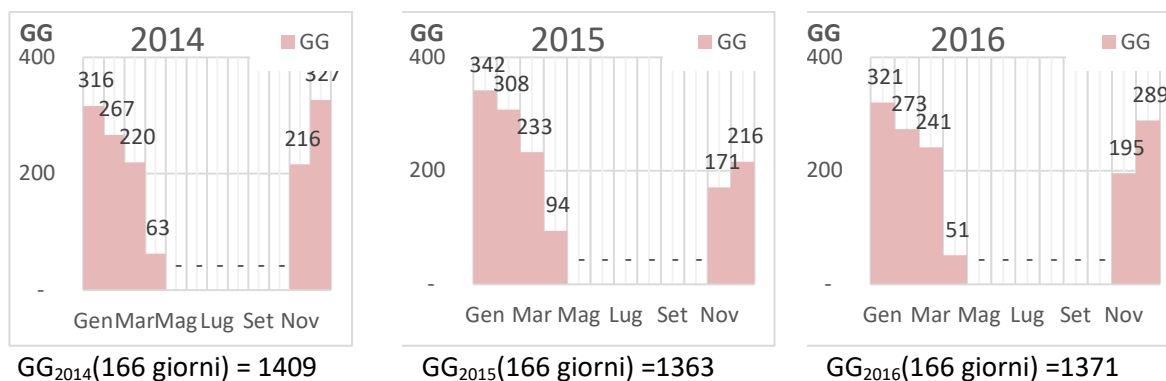
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all'edificio oggetto di DE (puntino rosso)



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



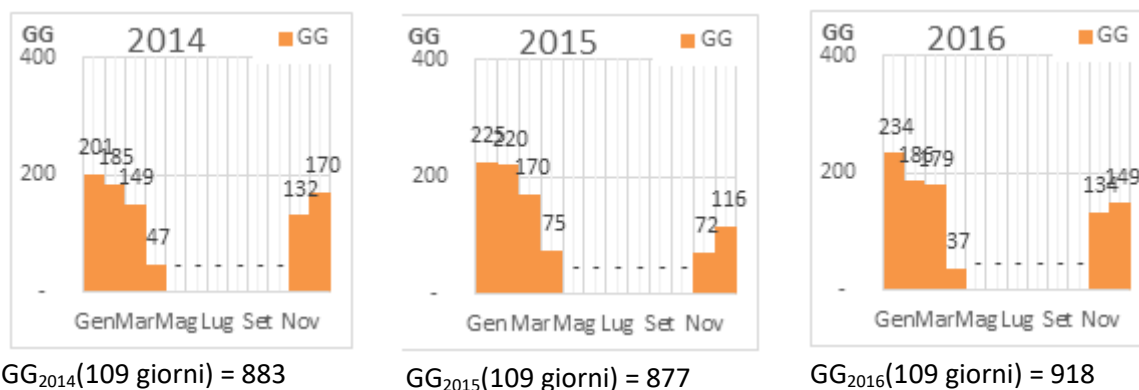
E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 893 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 calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG risulta differente per il triennio. In particolar modo nel 2014 sono state registrate temperature vicine alla temperatura di set point rispetto agli anni 2015 e 2016.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

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

L'involucro edilizio opaco di muratura esterna che costituisce l'edificio è composto da muratura a cassa vuota e rivestimento con mattoni a vista.

L'involucro opaco di copertura prevalente si compone di una struttura piana in laterocemento ricoperta da uno strato in guaina in bitume.

L'involucro opaco di basamento si compone presumibilmente di una soletta calcestruzzo verso terreno.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



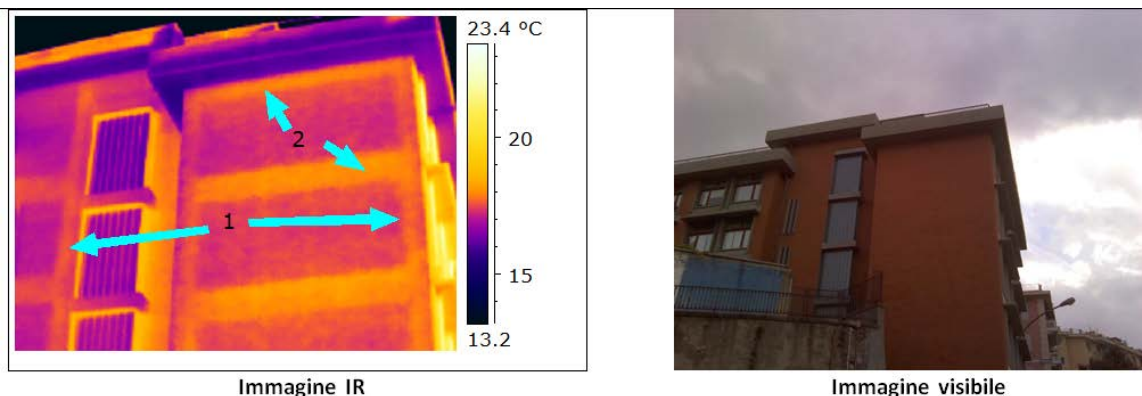
Le specifiche degli strumenti di misura sono riportate all'Allegato D - Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

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 i telai dei serramenti;
- presenza di ponti termici lineari orizzontali e verticali.

Figura 4.2 – Rilievo termografico del piano primo con esposizione Nord



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

Mettendo in relazione le analisi effettuate con l'epoca costruttiva e la norma UNI 11552, sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura piana	C1	30	assente	1,56	buono
Copertura inclinata	C2	30	assente	1,56	buono
Parete verticale	M1	32	assente	0,77	buono
Sottofinestra	M2	17	assente	1,69	buono
Pavimento su terreno	P1	30	assente	1,10	buono
Pavimento su esterno	P2	53	assente	0,98	buono

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 legno con vetro singolo. Nel vano scala sono presenti vetri Uglass.

Lo stato di conservazione dei serramenti in legno vetro singolo è insufficiente mentre il vetro Uglass è sufficiente.

Figura 4.3 - Particolari dei serramenti



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

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti in legno con vetro singolo da 4 e 6 mm
- Dispersioni termiche dai telai con forti spifferi all'intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.4 – Rilievo termografico dei serramenti

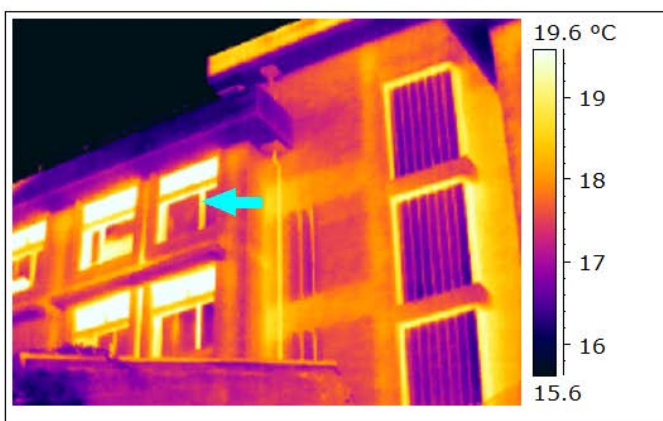


Immagine IR



Immagine visibile

Mettendo in relazione le analisi effettuate con l'epoca costruttiva e la norma UNI 11552, sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento tipo 1	F01; F05, F09; F10	160x230; 140x330; 300x330; 190x330	Legno	Singolo 4mm	5,7	Insufficiente
Serramento tipo 2	F02; F03; F04; F06; F07; F08	70x270; 140x240; 100x100; 240x240, 100x200; 210x240	Alluminio	Singolo 6mm	4,9	Insufficiente
Serramento tipo 3	F11, F12	26x250; 26x330	-	U glass	2,9	Sufficiente

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

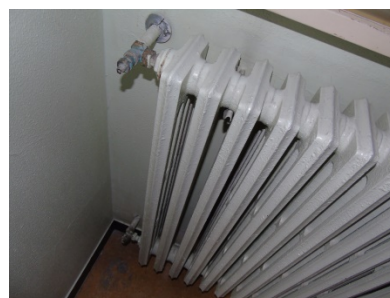
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

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

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.5 - 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
Edificio	radiatori	92%

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	2	6,57	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	19	59,68	0,00
Secondo	Su parete interna/esterna non isolata	16	56,53	0,00
Terzo	Su parete interna/esterna non isolata	16	53,73	0,00
Quarto	Su parete interna/esterna non isolata	19	63,46	0,00
Quinto	Su parete interna/esterna non isolata	15	50,92	0,00
TOTALE		87	290,89	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 della centrale termica è realizzata mediante valvola miscelatrice e valvole deviatrici, comandate dalla sonda climatica esterna e dalle sonde di temperatura sulla tubazione di mandata del generatore.

Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non è in possesso di informazioni sulle temperature impostate.

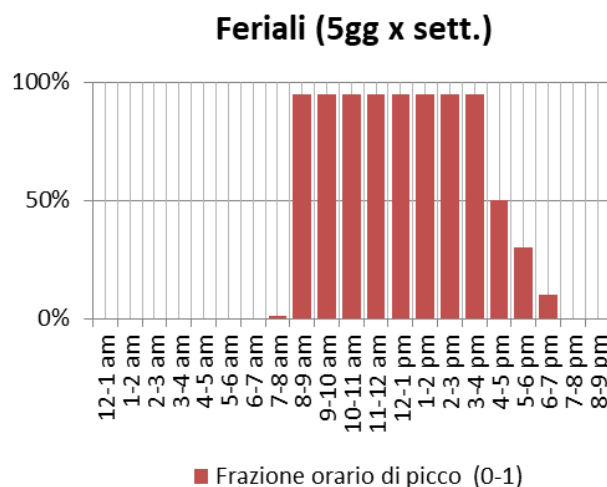
Figura 4.6 - Particolare della valvola miscelatrice



Figura 4.7 – Sonda climatica esterna



Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per tutte le zone termiche



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
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 una pompa gemellare (funzionamento in parallelo) di mandata.

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⁾ [m]	POTENZA ASSORBITA ⁽³⁾ [W]
Lowara FCG 80-12T	mandata	-	-	1.700

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.

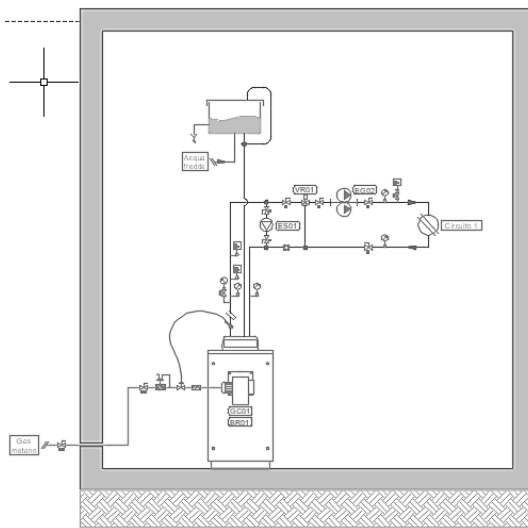
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO ⁽²⁾ °C
GEN1	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	65

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 4.9 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 137-P01-024.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 94% (riferimento normativo 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 modulante ECOFLAM Ecomax 45-2F, installata nel 1996, con bruciatore BALTUR TBG 60P-V.

Figura 4.10 - Generatore di calore



Figura 4.11 - Bruciatore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione 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	Ecoflam	Ecomax 45-2F	1996	522,6-299	473-275	92 %	960

Nota (7) rendimento da scheda tecnica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 86%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 92,2%.

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 5 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici ad uso degli utenti della scuola.

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

Figura 4.12 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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%	29%

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 LIM, PC, stampanti e altri dispositivi di supporto alle 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]
Z4,Z5	LIM	2	340	680	660(3h x 220gg)
Z9	Frigorifero	2	70	140	8760(24h x 365gg)
Z9	scaldavidande	3	200	600	220(1h x 220gg)
Z4	Fotocopiatrice multifunzione	3	600	1800	66(0,3h x 220gg)
Z4,Z5,Z7	PC desktop	34	250	8500	770(3,5h x 220gg)
Z4	stampante	5	300	1500	66(0,3h x 220gg)
Z4	Distributore bevande/snack	2	1500	3000	220(1h x 220gg)
Z3	Macchinetta caffè	1	1000	1000	66(0,3h x 220gg)
Z8	TV	2	200	400	220(1h x 220gg)
Z3	Lampada antinsetto	2	15	30	360(8h x 45gg)

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 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Z1	Fluorescente lineare da 36 W	6	0,036	0,216
Z2	Fluorescente lineare da 36 W	80	0,036	2,880
Z3	Fluorescente lineare da 36 W	69	0,036	2,484
Z4	Fluorescente lineare da 36 W	91	0,036	3,276
Z5	Fluorescente lineare da 36 W	73	0,036	2,628
Z6	Fluorescente lineare da 36 W	26	0,036	0,936
Z7	Fluorescente lineare da 36 W	78	0,036	2,808
Z8	Fluorescente lineare da 36 W	24	0,036	0,864
Z9	Fluorescente lineare da 36 W	20	0,036	0,720
Z9	Incandescente da 40 W	8	0,040	0,320

L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti 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;
- Gasolio;
- Energia elettrica

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è stato il gasolio nel 2014 e successivamente il gas metano a partire dal 2015.

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]
Gasolio	11,87 ⁽¹⁾	0,85	n/a	n/a	10,09
Metano	n/a	n/a	9,94 ⁽¹⁾	1,0549	9,42

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 sui m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel periodo 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 [l]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270050381757	Riscaldamento	20100	13.991	20.944	202.799	131.793	197.292

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

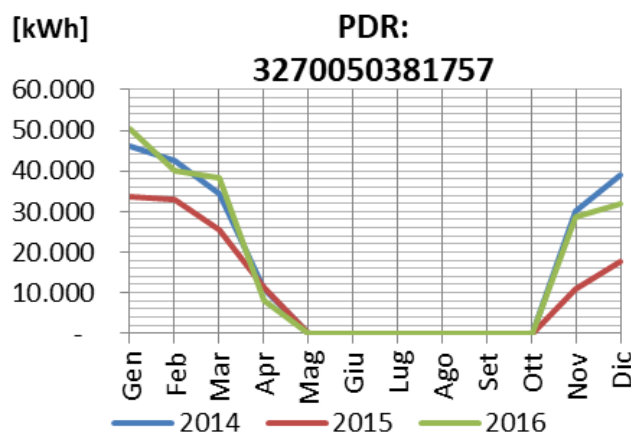
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

PDR: 03270050381757	2014	2015	2016
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	46.102	33.742	50.252
Febbraio	42.429	32.990	39.949
Marzo	34.306	25.484	38.403
Aprile	10.771	11.231	8.004
Maggio	-	-	-
Giugno	-	-	-
Luglio	-	-	-
Agosto	-	-	-
Settembre	-	-	-
Ottobre	-	-	-
Novembre	30.217	10.848	28.742
Dicembre	38.974	17.498	31.942
Totale	202.799	131.793	197.292

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{a}_{rif} come di seguito riportato:

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

Dove:

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

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

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

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

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

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 _{REALI} SU [109] GIORNI	GG _{RIF} SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Sm ³]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	918	929	20.944	197.292	201	199.657	0	0
Media	918	926	20.944	197.292	201	199.657	0	0

Come si può notare è stato considerato solo l'anno 2016 in quanto è l'unico che può essere paragonato al comportamento energetico attuale dell'edificio in quanto fino ai primi mesi del 2015 è stato utilizzato il gasolio.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	0,0
\bar{Q}_{ALTRO}	0,0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	199.657
$Q_{baseline}$	199.657

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

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

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica è effettuata sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel periodo di riferimento. Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00122691	Intero edificio	44.559	46.565	47.022	46.048,67

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-E1574 e sono emerse le seguenti differenze: i dati delle fatture per tutti e tre gli anni di riferimento sono inferiori a quanto indicato nel file kyotoBaseline-E1574.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 51.887 kWh; anno 2015 53.758 kWh; anno 2016 51.324 kWh.

La 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 46.049 kWh.

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

POD: IT001E00098037	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	4392	467	619	5.478
Feb - 14	3814	481	605	4.900
Mar - 14	3611	504	637	4.752
Apr - 14	2941	411	517	3.869
Mag - 14	2692	457	659	3.808
Giu - 14	1709	337	550	2.596
Lug - 14	855	275	399	1.529
Ago - 14	585	235	389	1.209
Set - 14	2228	374	464	3.066
Ott - 14	3335	469	532	4.336
Nov - 14	3367	482	719	4.568
Dic - 14	3316	442	690	4.448
Totale	32.845	4.934	6.780	44.559
POD: IT001E00098037	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	4039	531	710	5.280
Feb - 15	3778	469	616	4.863
Mar - 15	3254	446	608	4.308
Apr - 15	3043	459	692	4.194
Mag - 15	2860	497	748	4.105
Giu - 15	1835	413	637	2.885
Lug - 15	875	321	486	1.682
Ago - 15	605	256	460	1.321
Set - 15	2317	405	504	3.226
Ott - 15	3809	558	633	5.000



E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

Nov - 15	3598	482	691	4.771
Dic - 15	3718	498	714	4.930
Totale	33.731	5.335	7.499	46.565
POD: IT001E00098037	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3719	497	714	4.930
Feb - 16	4170	593	674	5.437
Mar - 16	3462	530	740	4.732
Apr - 16	3054	575	800	4.429
Mag - 16	3332	529	653	4.514
Giu - 16	1789	375	567	2.731
Lug - 16	749	310	464	1.523
Ago - 16	654	277	445	1.376
Set - 16	1997	467	562	3.026
Ott - 16	3163	629	776	4.568
Nov - 16	3519	631	889	5.039
Dic - 16	2793	714	1210	4.717
Totale	32.401	6.127	8.494	47.022

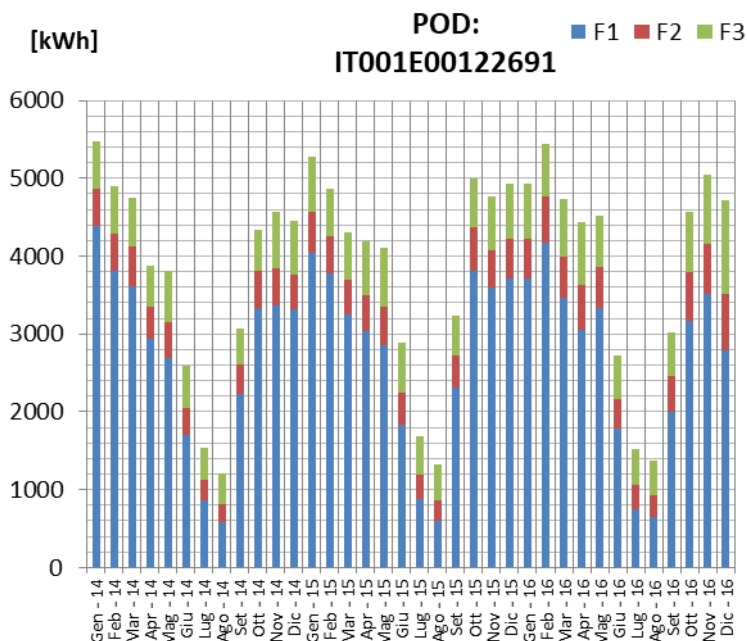
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.050	498	681	5.229
Febbraio	3.921	514	632	5.067
Marzo	3.442	493	662	4.597
Aprile	3.013	482	670	4.164
Maggio	2.961	494	687	4.142
Giugno	1.778	375	585	2.737
Luglio	826	302	450	1.578
Agosto	615	256	431	1.302
Settembre	2.181	415	510	3.106
Ottobre	3.436	552	647	4.635
Novembre	3.495	532	766	4.793
Dicembre	3.276	551	871	4.698
Totale	32.992	5.465	7.591	46.049

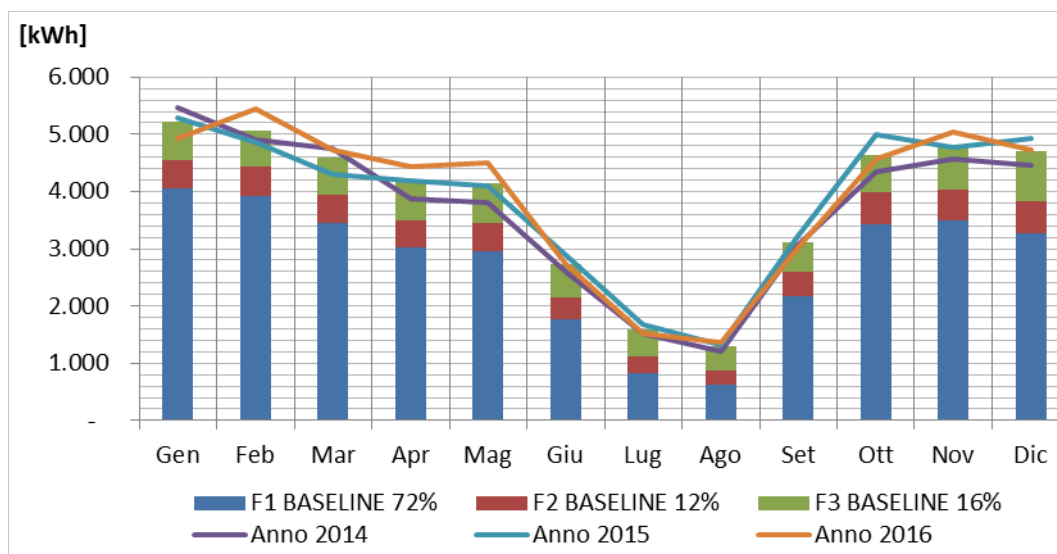
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline di riferimento



L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di baseline è riportato nel grafico in figura 5.2.

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 maggiori nei mesi invernali, durante i quali si utilizza maggiormente l'illuminazione, e più bassi per i mesi primaverili/autunnali. I consumi sono invece molto bassi durante il mese di agosto, in cui l'occupazione dell'edificio è pressoché nulla.

In considerazione del fatto che sul portale e-distribuzione sono presenti le letture dei contatori con potenza superiore a 55 kW, non è stato possibile effettuare l'analisi dei profili orari dei consumi elettrici del POD IT001E00122691.

Per questa ragione si è proceduto ad effettuare delle stime finalizzate alla verifica dei seguenti aspetti:

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

- 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 44,39 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.

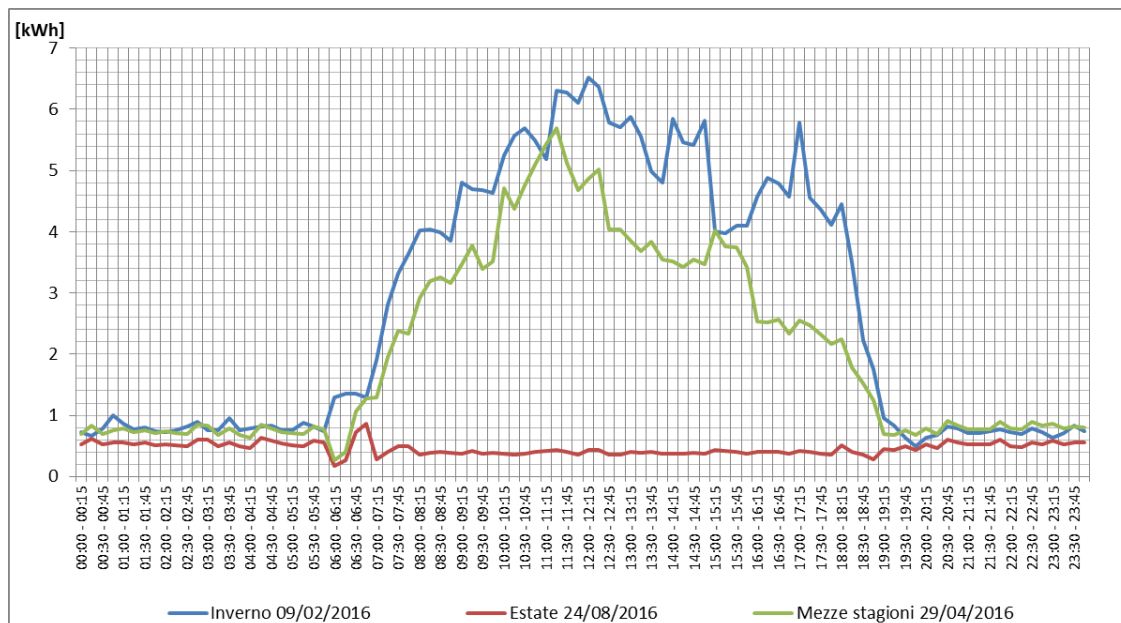
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

Tabella 5.9 – 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

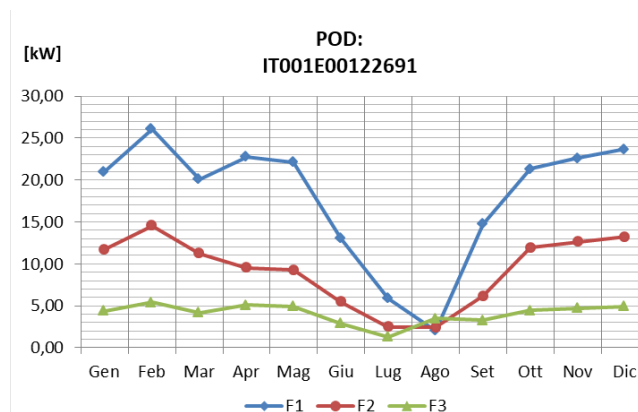
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00122691



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 18 fino al mattino alle 7), 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 frigorifero.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00122691



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 26.09 kW e si verifica nel mese di febbraio n 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 5.10 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.10.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

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

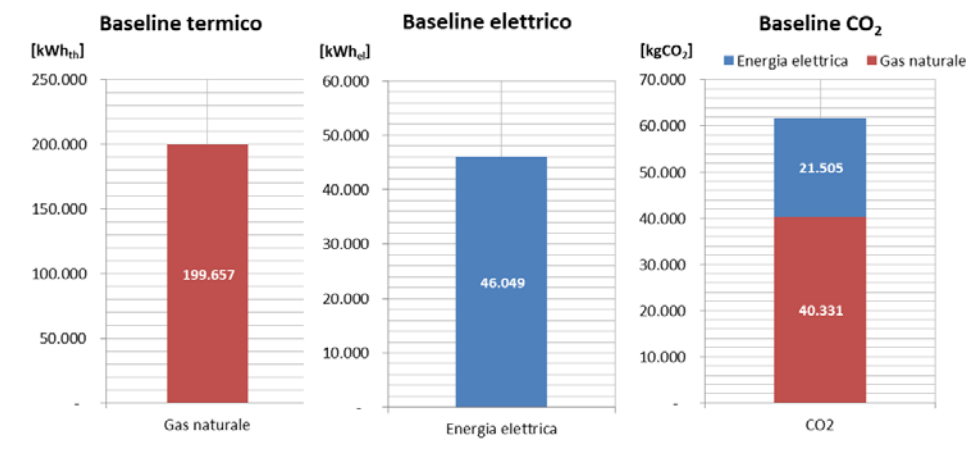
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	46.049	0,467	21,50
Gas naturale	199.657	0,202	40,33

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



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

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

Tabella 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

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

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.106	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.215	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	13.940	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	199.657	1,05	209.640	67,5	51,8	15,6	12,98	9,97	3,00
Energia elettrica	46.049	2,42	111.439	35,9	27,5	8,3	6,92	5,31	1,60
TOTALE			321.078	103	79	24	20	15	5

Tabella 5.15 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	199.657	1,05	209.640	67,5	51,8	15,6	12,98	9,97	3,00
Energia elettrica	46.049	1,95	89.796	28,9	22,2	6,7	6,92	5,31	1,60
TOTALE			299.435	96	74	22	20	15	5

Figura 5.7 – Indici di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazione.

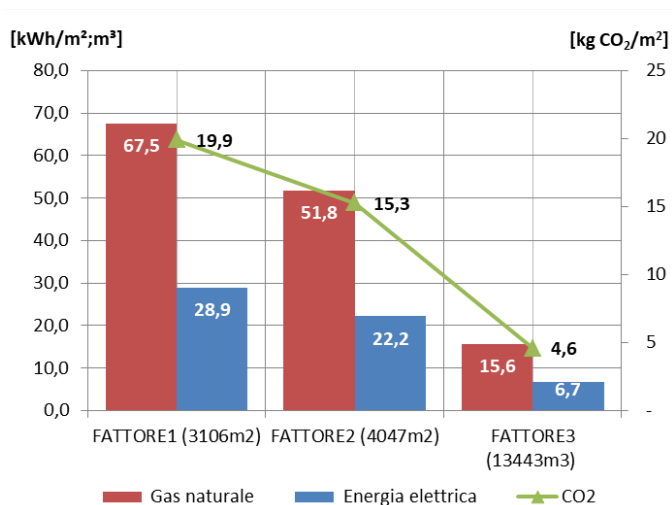
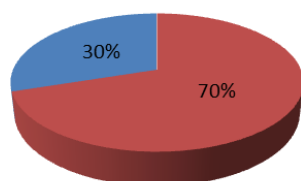
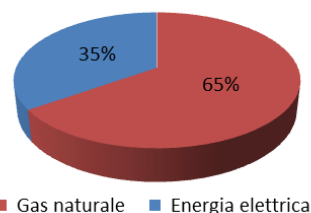


Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



Trattandosi di edifici scolastici, 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 5.16 – 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	13,2	8,2	11,8	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12,6	13,2	13,3

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo valori BUONI per l'indice IEN_R e SUFFICIENTI per l'indice IEN_E.

I dettagli dell'analisi degli indici di performance enregtici 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		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	347,6	321,89
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	221,58	220,35
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	84,60	68,17
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	40,58	32,70
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,82	0,66
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	75,4	75,4

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	U.M.	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
			[kWh/anno]
Gas Naturale	67.308	[m ³ /anno]	665.743
Energia Elettrica	169.875	[kWh/anno]	331.256

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 [kWh _{el}]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
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.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	125,73	114,62
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	74,13	73,05
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	10,20	8,22
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	40,58	32,70
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	kg/mq anno	31,05	31,05

Nota: 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	21.457	202.765
Energia Elettrica		47.830

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]	[%]
202.765	199.657	1,5

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.

*E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale*

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]	[%]
47.830	46.049	3,7

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

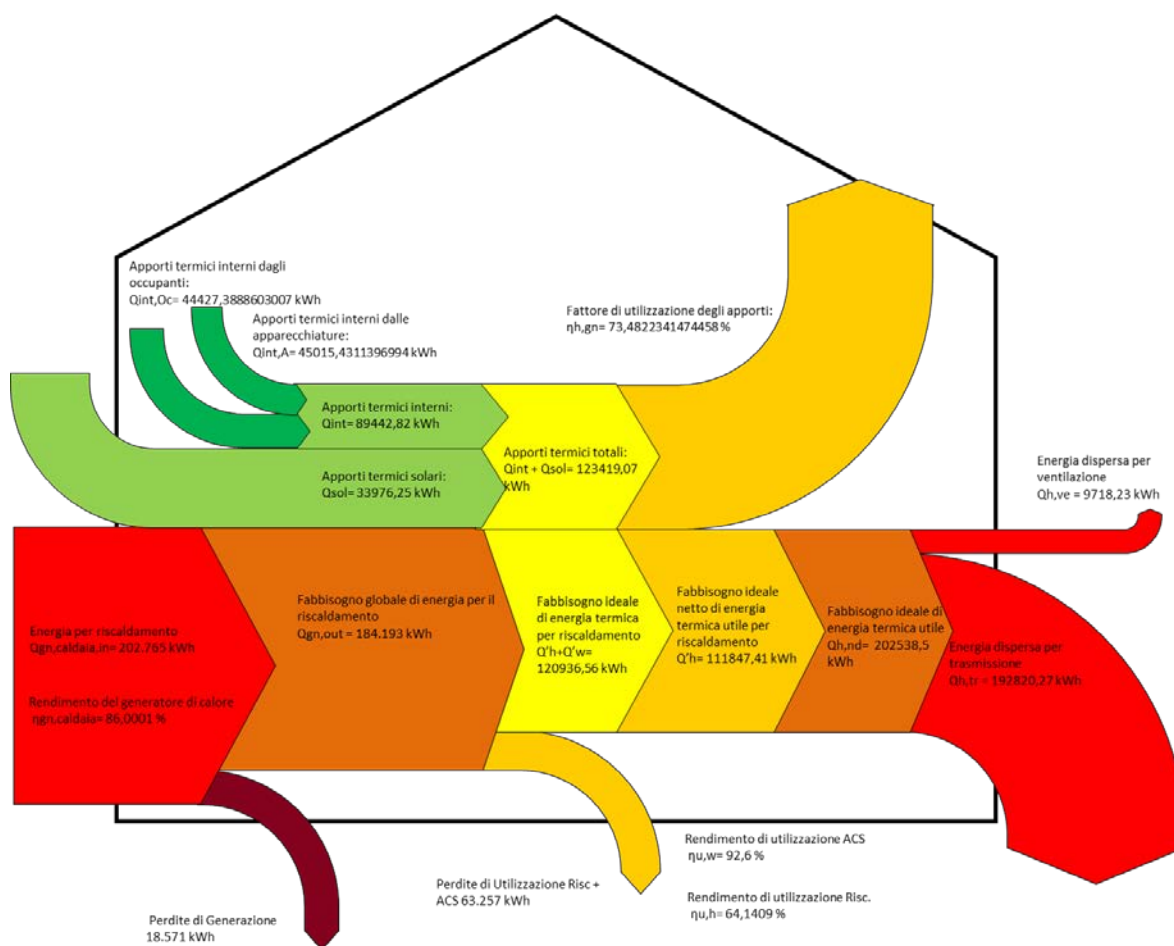
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

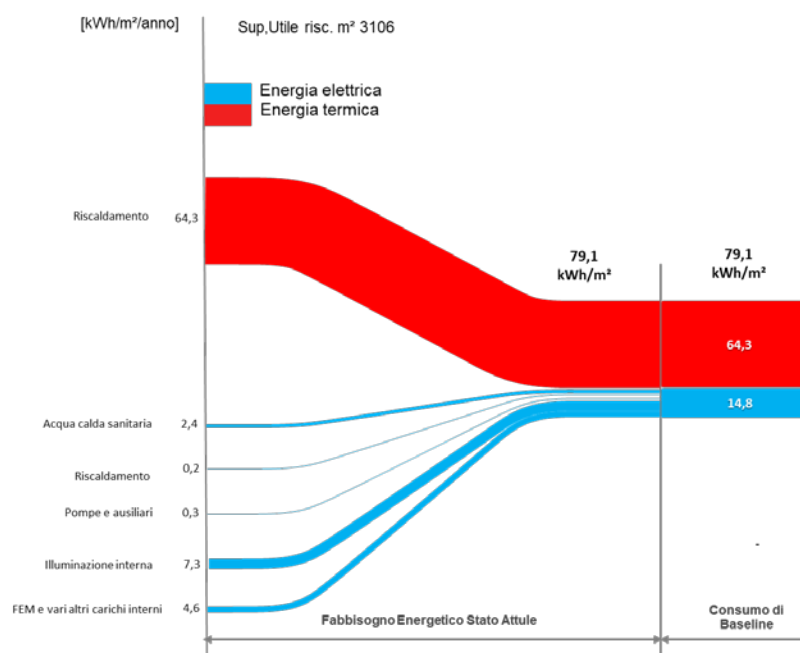
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è 64%

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio



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

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

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

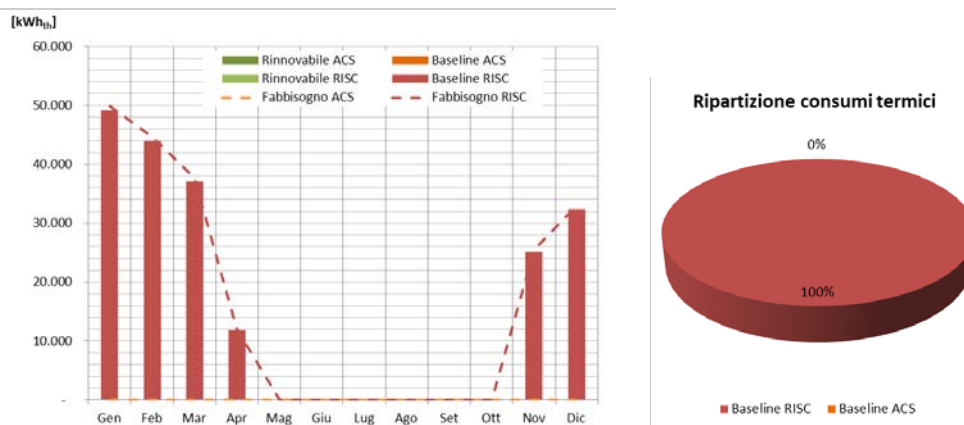
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

Il confronto tra i due profili è riportato in Figura 6.3

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



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

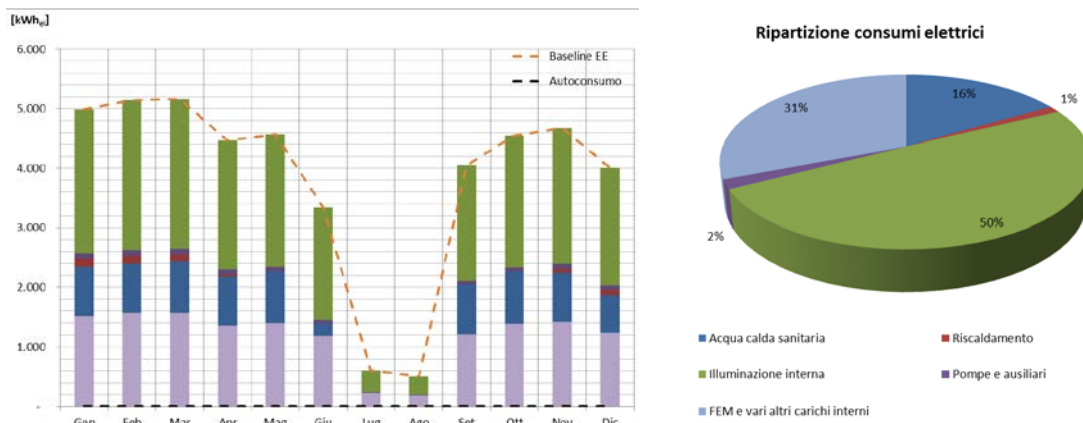
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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



7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico riferito al PDR 3270050381757 avviene tramite un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico sia della 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.

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.

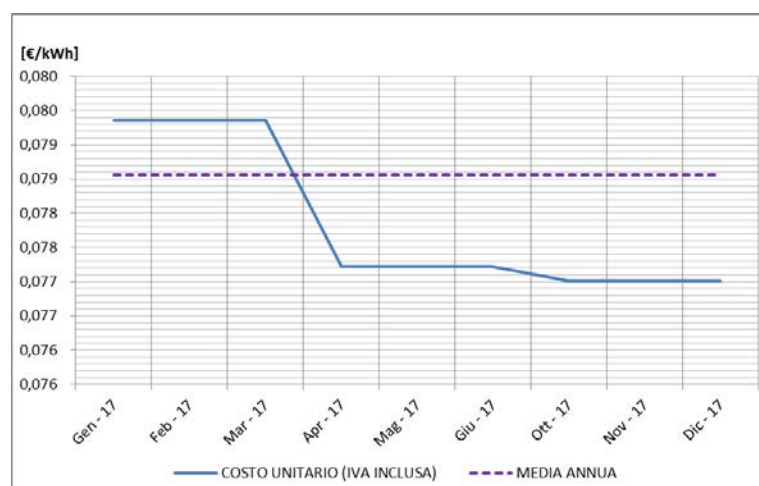
Nella Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7. 1: prezzo unitario mensile 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,079
Feb - 17	0,079
Mar - 17	0,079
Apr - 17	0,077
Mag - 17	0,077
Giu - 17	0,077
Lug - 17	-
Ago - 17	-
Set - 17	-
Ott - 17	0,077
Nov - 17	0,077
Dic - 17	0,077
Media, CuQ	0,0786

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 IT001E00122691 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 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00122691	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA BOLOGNA 86 - GENOVA		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA PATRIMONIO DEMANIO E SPORT VIA G. GARIBALDI, 9 - 16124 GENOVA	COMUNE DI GENOVA PATRIMONIO DEMANIO E SPORT VIA G. GARIBALDI, 9 - 16124 GENOVA	COMUNE DI GENOVA
Società di fornitura	Edison	Edison - Gala	Gala; Iren Mercato
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	Edison 01/01/2015 Gala 01/04/2015	Gala 01/01/2016 Iren Mercato 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	Edison 31/03/2015 Gala 31/12/2015	Gala 31/03/2016 Iren Mercato 31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	53 kW	53 kW	Gala: 53 kW Iren Mercato: 10 kW
Potenza elettrica disponibile	53 kW	53 kW	53 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova-2013-NEW	Edison: Genova-2013-NEW CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA6	Gala: CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA6 Iren Mercato: CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,08	0,06	0,08

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.

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

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

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

POD: IT001E00122691	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	221	37	332	39	63	692	5.478	0,130
Feb - 14	602	63	702	91	146	1.605	4.900	0,330
Mar - 14	375	61	462	59	96	1.053	4.752	0,220
Apr - 14	307	68	396	48	82	901	3.869	0,230
Mag - 14	294	66	376	48	78	862	3.808	0,230
Giu - 14	199	45	279	32	55	610	2.596	0,240
Lug - 14	115	24	155	19	31	344	1.529	0,230
Ago - 14	89	19	125	15	25	273	1.209	0,230
Set - 14	238	49	315	38	64	704	3.066	0,230
Ott - 14	338	64	438	54	89	983	4.336	0,230
Nov - 14	348	67	462	57	93	1.028	4.568	0,230
Dic - 14	332	65	466	56	92	1.011	4.448	0,230
Totale	3.458	628	4.507	557	915	10.065	44.559	0,226
POD: IT001E00122691	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE						
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	383	69	507	66	102	1.127	5.280	0,210
Feb - 15	350	66	399	63	88	966	4.863	0,200
Mar - 15	329	68	521	62	98	1.077	4.308	0,250
Apr - 15	158	-	261	34	45	499	4.194	0,120
Mag - 15	164	-	276	37	48	524	4.105	0,130
Giu - 15	157	-	273	36	47	514	2.885	0,180
Lug - 15	134	-	284	32	45	495	1.682	0,290
Ago - 15	164	-	317	39	52	573	1.321	0,430
Set - 15	67	-	147	18	23	255	3.226	0,080
Ott - 15	142	-	302	38	48	531	5.000	0,110
Nov - 15	211	-	519	64	79	874	4.771	0,180
Dic - 15	552	-	926	103	158	1.739	4.930	0,350
Totale	2.811	203	4.732	592	834	9.173	46.565	0,197

POD: IT001E00122691	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
------------------------	---------------	------------------	------------------	---------	-----	--------	-------------------	----------------

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

ANNO 2016	PARTE FISSA		PARTE VARIABILE			[€]	[KWH]	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]			[€/kWh]
Gen - 16	216	485	62	-	76	838	4.930	0,170
Feb - 16	221	509	68	-	80	877	5.437	0,160
Mar - 16	464	447	59	-	69	1.039	4.732	0,220
Apr - 16	234	113	314	55	72	788	4.429	0,180
Mag - 16	256	109	319	56	74	815	4.514	0,180
Giu - 16	163	52	198	34	45	492	2.731	0,180
Lug - 16	109	34	116	19	28	305	1.523	0,200
Ago - 16	94	33	112	18	26	284	1.376	0,210
Set - 16	210	82	211	37	54	594	3.026	0,200
Ott - 16	369	126	324	57	88	964	4.568	0,210
Nov - 16	440	128	356	63	99	1.087	5.039	0,220
Dic - 16	837	266	691	122	191	2.106	4.717	0,450
Totale	3.613	2.384	2.831	462	900	10.190	47.022	0,217

Nel grafico in Figura 7.2 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

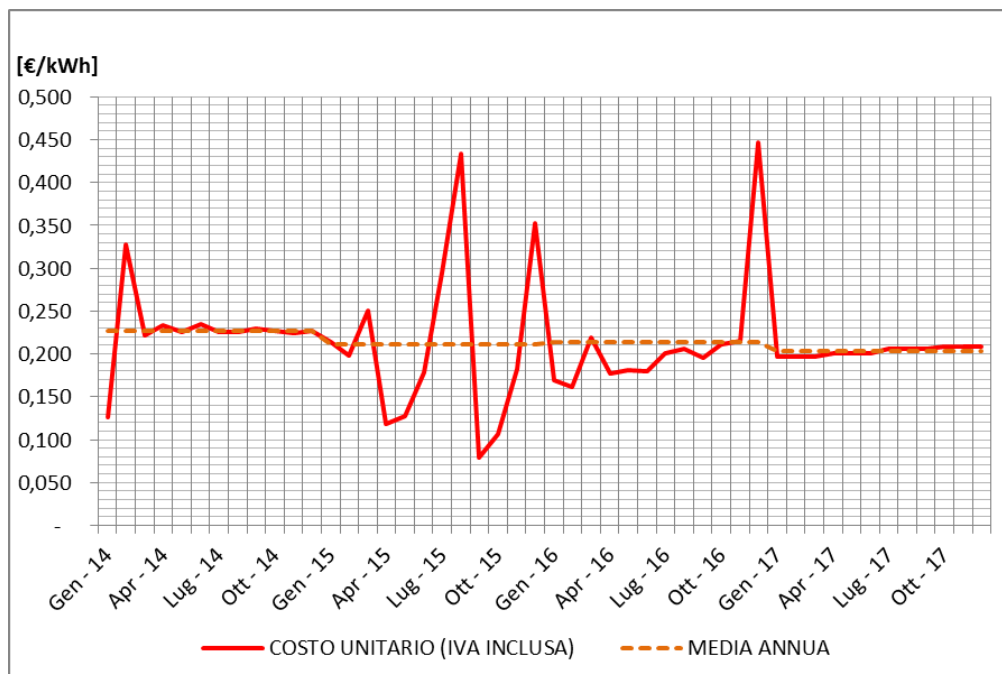
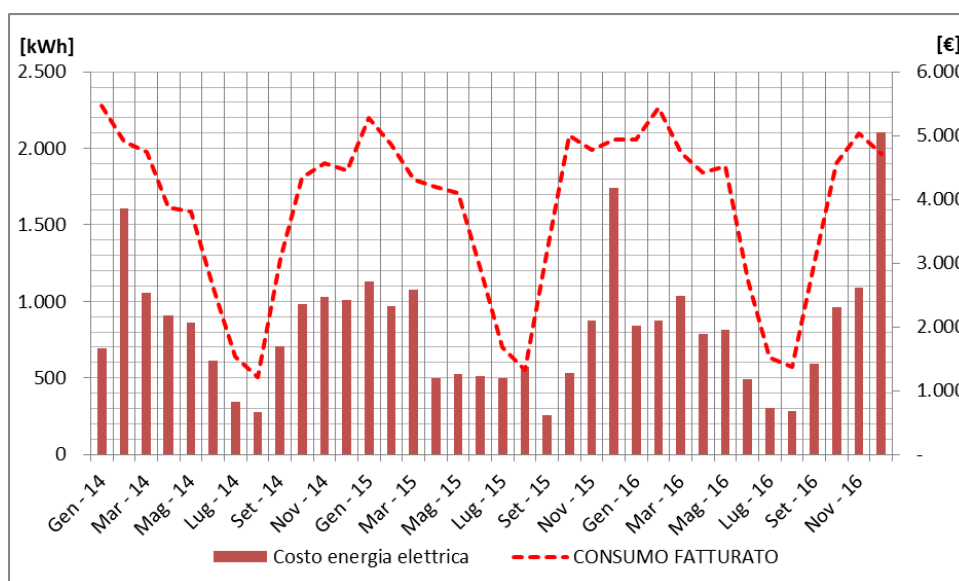


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi di energia elettrica, minori nel periodo estivo e maggiori nel periodo invernale.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

Nella Tabella 7.3 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.3 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	202.799	n.d.	n.d.	44.559	10.065	0,23
2015	131.793	n.d.	n.d.	46.565	9.173	0,20
2016	197.292	n.d.	n.d.	47.022	10.190	0,22
Media	177.295	n.d.	n.d.	46.049	9.809	0,21

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono assunti i valori di riportati nella Tabella 7.4.

Tabella 7.4 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore ARERA ridotto del 5%	Cu _Q	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore ARERA ridotto del 5%	Cu _{EE}	0,203 [€/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:

- L1-042-137: 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 22.741 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione CM è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (CSIE3) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (CMO) e in una quota straordinaria (CMS) come segue:

$$CMS = 0.1 \times CM$$

$$CMO = 0.9 \times CM$$

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

$$CM = CSIE3 - CQ ;$$

e sono ripartiti in una quota ordinaria (CMO) e in una quota straordinaria (CMS) come segue:

$$CMS = 0.21 \times CM$$

$$CMO = 0.79 \times CM$$

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

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

Definizione			Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o	5.575	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s	1.482	[€/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:

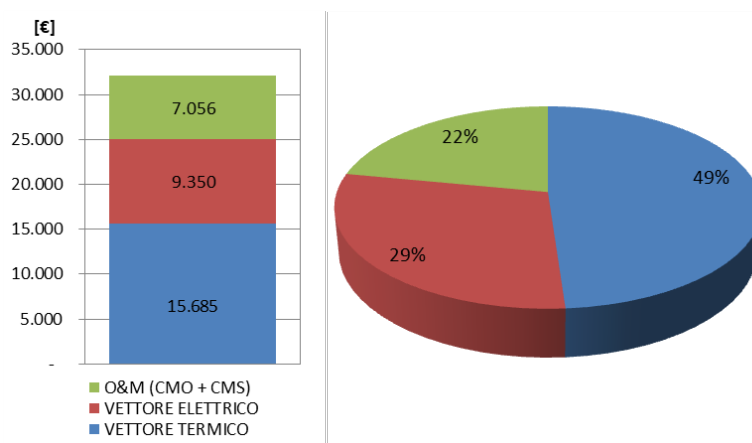
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 25.115 € e un $C_{baseline}$ pari a 32.227 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
199.657	0,079	15.685	46.049	0,203	9.350	7.056	5.575	1.482	32.091

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: isolamento dall'esterno della copertura piana

Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso della copertura piana 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.

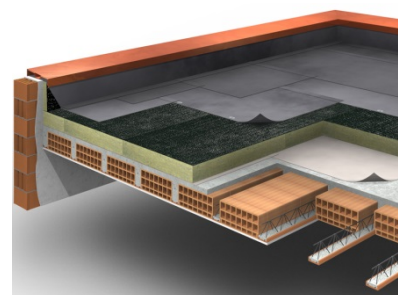
Figura 8.1 - Particolare copertura piana su cui intervenire.



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 λ **0,037 W/mK**, 150 kg/m^3

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

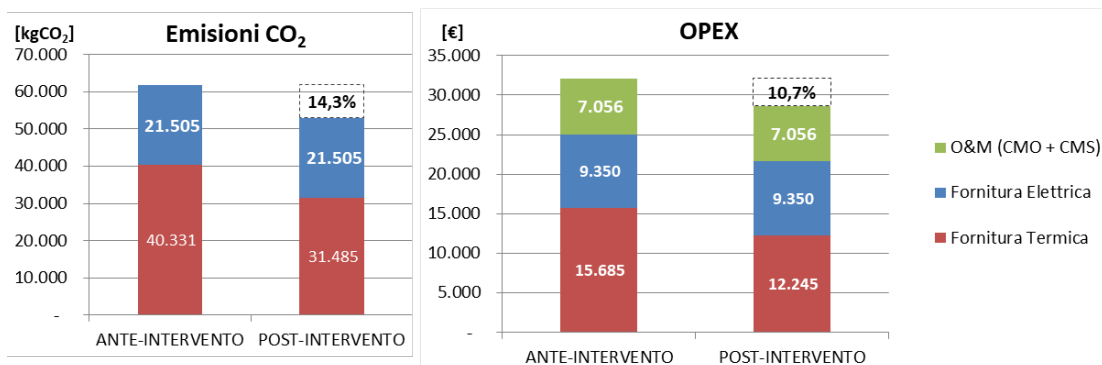
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1: isolamento dall'esterno della copertura piana

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM1 Trasmittanza	[W/m ² K]	1,56	0,22	85,9%
Q _{teorico}	[kWh]	202.765	158.294	21,9%
EE _{teorico}	[kWh]	47.830	47.830	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	199.657	155.868	21,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	46.049	46.049	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.331	31.485	21,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	21.505	21.505	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	61.836	52.990	14,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	15.685	12.245	21,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9.350	9.350	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.034	21.594	13,7%
C _{MO}	[€]	5.575	5.575	0,0%
C _{MS}	[€]	1.482	1.482	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.056	7.056	0,0%
OPEX	[€]	32.091	28.651	10,7%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh]

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


8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: sostituzione del generatore di calore 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 valvole 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,

Figura 8.3 – Sistema di generazione obsoleto da sostituire



E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

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.

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 EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2.

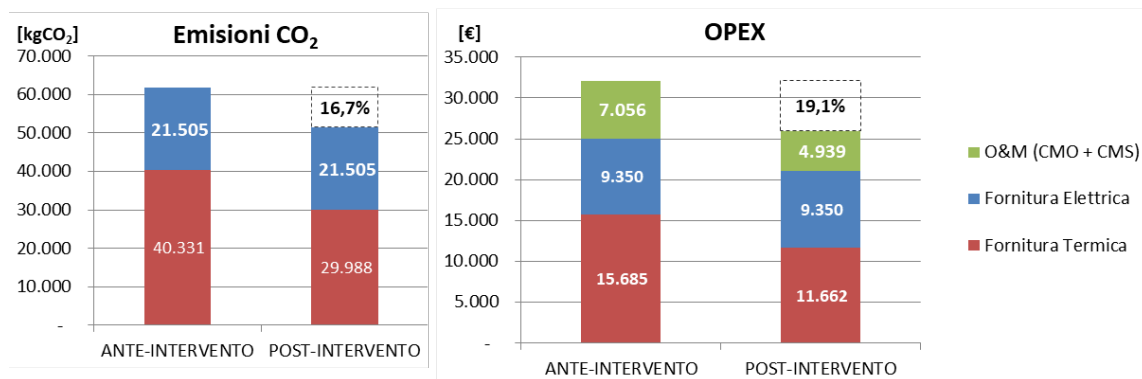
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2 Rendimento di generazione	[-]	86%	84%	2,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	202.765	150.765	25,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	47.830	47.830	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	199.657	148.454	25,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	46.049	46.049	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.331	29.988	25,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	21.505	21.505	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	61.836	51.493	16,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	15.685	11.662	25,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	9.350	9.350	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.034	21.012	16,1%
C_{MO}	[€]	5.575	3.902	30,0%
C_{MS}	[€]	1.482	1.037	30,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.056	4.939	30,0%
OPEX	[€]	32.091	25.951	19,1%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh]

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

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

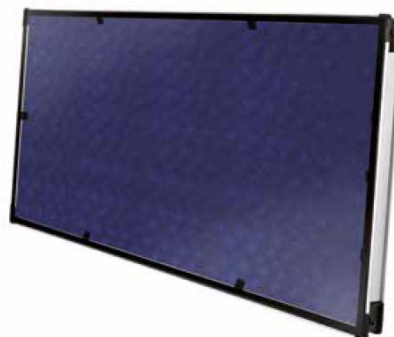
8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

EEM3: installazione di impianto solare termico per la produzione di ACS

Generalità

Realizzazione di un impianto solare termico per la produzione di ACS avente n.4 moduli a collettori piani e superficie lorda 2,26 m².

Figura 8.5 – Particolare impianto solare termico



Caratteristiche funzionali e tecniche

Massa a vuoto	Kg		46
Pressione d'esercizio	bar		6
Diametro tubi collettore	mm		18
Quantità liquido collettore	l		2,5
Assorbimento	%		95
Emissione	%		5
Superficie di apertura	m ²		2,26
Superficie assorbente	m ²		2,24
T stagnazione	°C		193
		AREA DI APERTURA	AREA ASSORBITORE
η_0		0,81	0,82
k_1	W/m ² K	3,02	3,06
k_2	W/m ² K ²	0,017	0,017

Descrizione dei lavori

Installazione di tutte le componenti costituenti l'impianto solare: pannelli, circuito solare alla centrale termica con relativa pompa di circolazione, accumulo idoneo all'integrazione solare, centralina di controllo, vaso di espansione, valvole di sicurezza.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3: installazione di impianto solare termico per la produzione di ACS

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM4 Producibilità annua	[kWh/anno]	0	3777,54	-100,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	202.765	202.759	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	47.830	45.178	5,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	199.657	199.652	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	46.049	43.496	5,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.331	40.330	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	21.505	20.313	5,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	61.836	60.642	1,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	15.685	15.684	0,0%

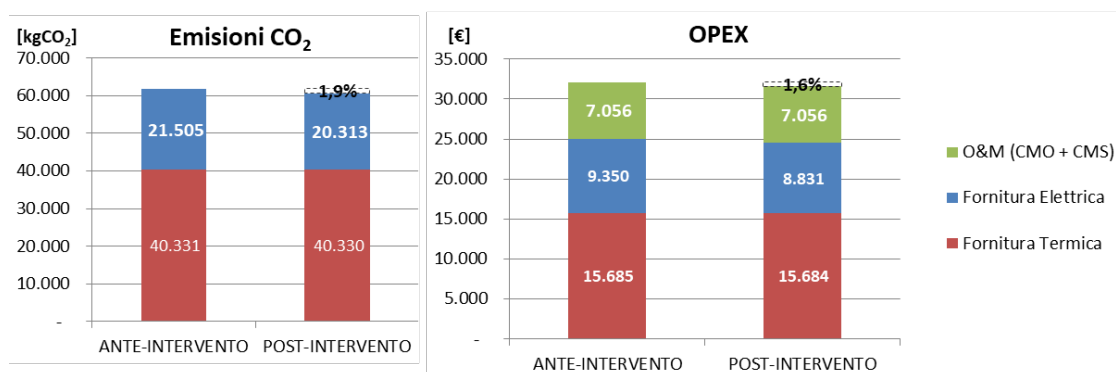
E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9.350	8.831	5,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.034	24.516	2,1%
C _{MO}	[€]	5.575	5.575	0,0%
C _{MS}	[€]	1.482	1.482	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.056	7.056	0,0%
OPEX	[€]	32.091	31.572	1,6%
Classe energetica	[-]	E	E	stessa 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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh]

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



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

Nessuna EEM prevista in quanto l'impianto di illuminazione soddisfa già quasi completamente lo standard energetico e non si ritiene conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM4: installazione di impianto fotovoltaico

Generalità

Realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a **7,8 kWp** sulla copertura piana dell'edificio.

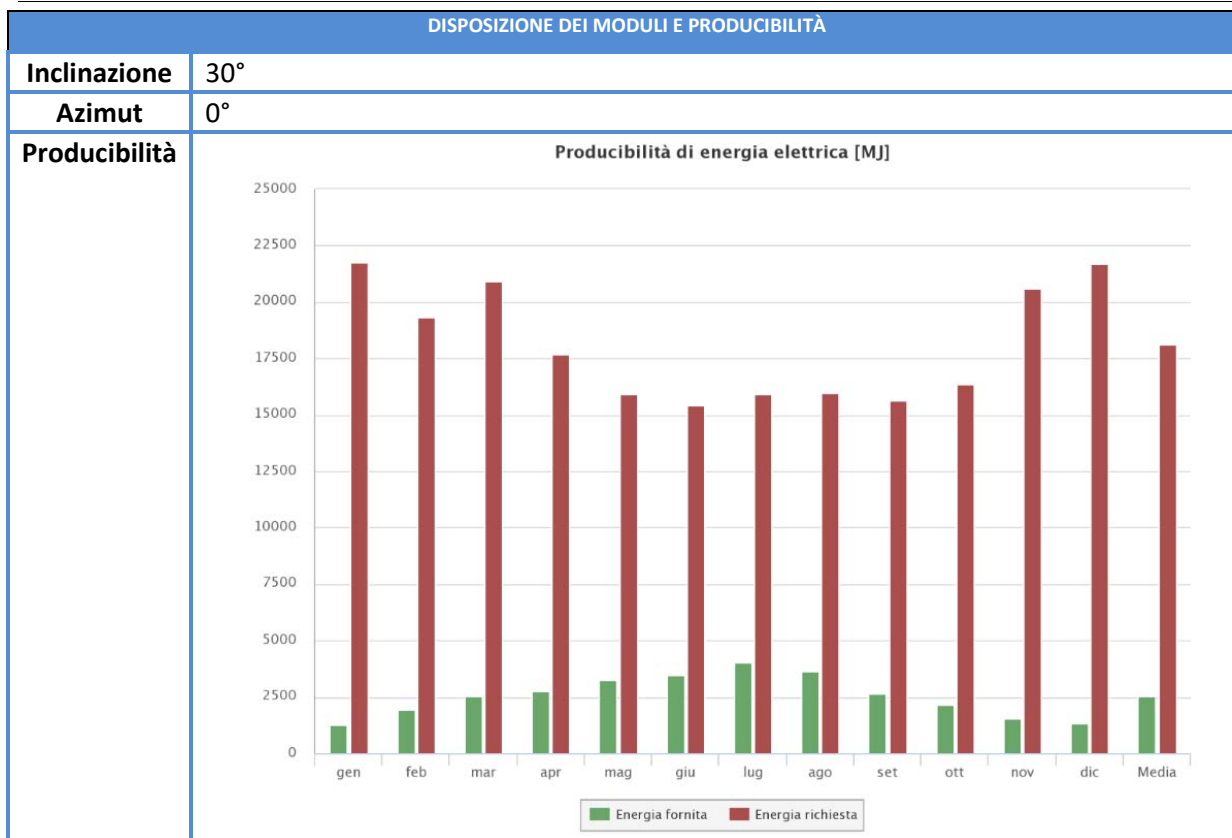
Produzione di circa **8.475 kWh** annui distribuiti su una superficie di 120 m² circa.

Figura 8.7 – Particolare impianto a fonte rinnovabile



Caratteristiche funzionali e tecniche

DATI TECNICI PANNELLO FOTOVOLTAICO TIPOLOGICO		
Specifiche meccaniche	Dimensioni del modulo (L x W x H) ³	1.654 x 989 x 40 mm
	Dimensioni della cella	156 x 156 mm
	Numero di celle	60
	Tipo di celle	Cella policristallina, tecnologia a 3 busbar
	NOCT ⁴	46° C ± 2° C
	Massimo carico consentito ⁵	6.000 Pa
	Tipo di copertura anteriore	Vetro solare microstrutturato spessore 3,2 mm
	Scatola di giunzione	ZJRH Renhesolar GF20, Classe di Protezione IP 67, dimensioni 90 x 77 x 16 mm
	Diodi di bypass	3 diodi; Tipo PST4020
	Cavi	2 x lunghezza 1.000 mm, sezione 4 mm ²
	Tipo di connettore	ZJRH Renhesolar 05-6 (compatibile MC4)
	Materiale della cornice	Alluminio anodizzato
	Peso del modulo	18,2 kg
Certificazioni	IEC/EN 61215 Ed. 2, IEC/EN 61730, Factory Inspection, ISO 9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS 18001, MCS. Classe di isolamento II	
Parametri elettrici	Potenza massima (P _{MPP})	≥ 260 Wp
	Tolleranza sulla potenza	-0%/+3%
	Efficienza del modulo	15,98 %
	Tensione MPP (V _{MP})	30,90 V
	Corrente MPP (I _{MPP})	8,48 A
	Tensione a vuoto (V _{oc})	37,78 V
	Corrente di cortocircuito (I _{sc})	8,93 A
	Coefficiente di temperatura (P _{MPP}), percentuale	-0,42 %/°C
	Coefficiente di temperatura (V _{oc}), assoluto	-0,121 V/°C
	Coefficiente di temperatura (V _{oc}), percentuale	-0,32 %/°C
	Coefficiente di temperatura (I _{sc}), assoluto	5,27 mA/°C
	Coefficiente di temperatura (I _{sc}), percentuale	0,059 %/°C



Descrizione dei lavori

I lavori di installazione dell'impianto sulla copertura comprendono:

- fissaggio delle staffe e dei profilati in alluminio, con viti dotate di guarnizione;
- montaggio dei moduli fotovoltaici con gli appositi morsetti di serraggio;
- installazione apparecchiature elettriche (nel locale tecnico sottotetto sono montati i quadri di stringa, i gruppi di conversione, il quadro di protezione c.a. ed il contatore fiscale);
- collegamento con l'impianto elettrico e la rete tramite una linea di adeguata sezione posata in canalizzazioni nuove ed esistenti fino al quadro principale del fabbricato.
- Quadri di protezione e linea dal contatore

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4: installazione di impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM5 Producibilità annua	[kWh/anno]	0	8.473,7	-100,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	202.765	202.765	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	47.830	44.189	7,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	199.657	199.657	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	46.049	42.543	7,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.331	40.331	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	21.505	19.868	7,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	61.836	60.199	2,6%
Fornitura Termica, C _q	[€]	15.685	15.685	0,0%

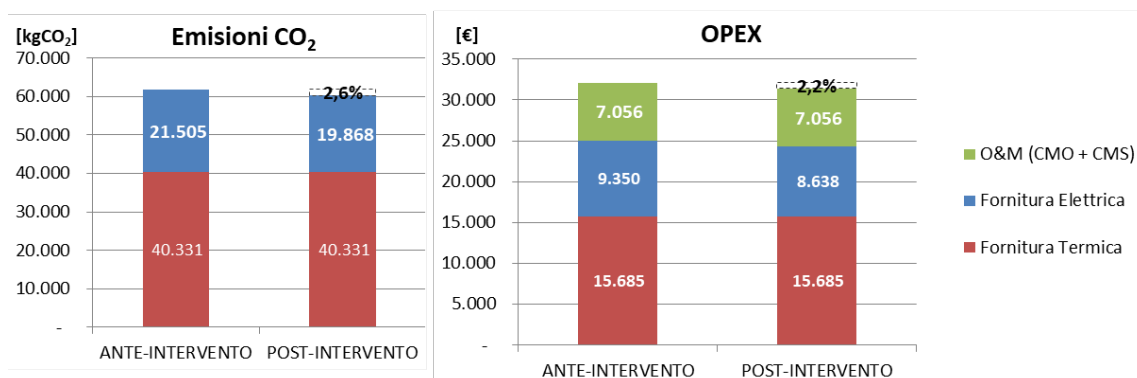
E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9.350	8.638	7,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.034	24.323	2,8%
C _{MO}	[€]	5.575	5.575	0,0%
C _{MS}	[€]	1.482	1.482	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.056	7.056	0,0%
OPEX	[€]	32.091	31.379	2,2%
Classe energetica	[-]	E	E	stessa 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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh]

Figura 8.8 – EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline.



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: isolamento dall'esterno della copertura piana

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, 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 20.448 euro.

Tabella 9.1– 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 €

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE 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) [€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria voce: 25.A44.A50.010	543	mq	6,55	5,95	3.233,32	22%	3.944,65
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria voce: PR.A18.A25.039	543	mq	5,67	5,15	2.798,92	22%	3.414,68
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	7602	mq cm	2,00	1,82	13.821,82	22%	16.862,62
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria voce: 95.B10.S10.010	1430	mq	14,03	12,75	18.239,00	22%	22.251,58
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.142,79	22%	€ 1.394,21
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.666,51	22%	€ 3.253,15
TOTALE (I₀ – EEM1)						41.902,36	22%	51.120,88
Incentivi	Conto termico 2.0							20.448
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								4.090

EEM2: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione del generatore attuale 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 15.600 euro.

Tabella 9.3– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	130 €/kWt
Valore massimo incentivo	100.000 €

Tabella 9.4– 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]	[€]	[€]	[€]
Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio, 330Kw	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.C76.B10.030	1	cad	12.523,50	11.385,00	11.385,00	22%	13.889,70
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 101 Kw a 350 Kw	Prezziario Regione Liguria 40.C10.B10.120	1	cad	392,78	357,07	357,07	22%	435,63
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



E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

DESCRIZIONE	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]	[€]	[€]	[€]
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	30	h	31,88	28,98	869,45	22%	1.060,73
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	86	cad	35,42	32,20	2.769,20	22%	3.378,42
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	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.145	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	5.087,63



E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

DESCRIZIONE	FONTE 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) [€]
da 1 a 58 m ³ /h								
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.040	1	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 88,49	22%	107,96
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 636,19	22%	€ 776,15
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.484,43	22%	€ 1.811,01
TOTALE (I₀ – EEM2)						23.326,81	22%	28.458,71
Incentivi	Conto termico 2.0							15.600
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								3.120

EEM 3: installazione impianto solare termico per produzione ACS

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di un impianto solare termico per produzione di ACS.

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 3.492 euro.

Tabella 9.5– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	-
Costo massimo ammissibile	-
Valore massimo incentivo	-

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Collettore solare piano certificato EN12975 di dimensioni esterne varie, colori standard scuro, superficie trattata superficialmente, piastra captante in rame e/o altre leghe similari, vetro solare temperato antiriflesso resistente alla grandine e agli agenti atmosferici, completo di telaio di contenimento e vasca di alloggiamento, dotato di attacchi e/o elementi fissanti, con possibilità di variazione inclinazione di posa. Compreso il trasporto e la fornitura al piano di lavoro, nonchè tutte le movimentazioni varie nell'ambito di cantiere. Completo di ogni elemento di fissaggio quali bulloni, viteria, staffe, tiranti, piccole opere di complemento. Compreso il trasporto in quota e l'assistenza muraria. Esclusa la realizzazione della rete distributiva, da computarsi a parte.	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.04.015.0010	9,2	mq	987,17	897,43	8.256,33	22%	10.072,72
Vasi d'espansione a membrana atossica per impianti sanitari, conformi alla direttiva	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.04.020.0010.c	1	pz	173,05	157,32	157,32	22%	191,93



E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

PED 97/23/CE, condizioni d'esercizio massime 99 °C e 4 bar.									
Circolatori singoli PN6 con motore a 3 velocità, alimentazione elettrica a 220 V - 1f - 50 Hz - 2 poli									
	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.04.030.0010.a	1	pz	171,07	155,52	155,52	22%	189,73	
Pompe in linea singole PN16 con motore alimentato a 380 V - 3f - 50 Hz - 4 poli									
	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.04.030.0050.a	1	pz	556,85	506,23	506,23	22%	617,60	
Serbatoi inerziali verticali per acqua calda, in acciaio nero con verniciatura esterna antiruggine, condizioni d'esercizio massime 6 bar e 99 °C, completi di coibentazione in poliuretano espanso da 100 mm con guscio in PVC termoformato.									
	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.04.040.0010.a	1	pz	664,22	603,84	603,84	22%	736,68	
Sicurezza	-	3%	%		€ 290,38		22%	€ 354,26	
Progettazione	-	7%	%		€ 677,55		22%	€ 826,61	
TOTALE (I₀ – EEM4)						10.647,15	22%	12.989,53	
Incentivi	Conto termico 2.0								3.492
Durata incentivi									2 anni
Incentivo annuo									1.746

EEM4: installazione impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9. è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella installazione di un impianto fotovoltaico.

Tabella 9.7 – Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da: 1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato). 2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento. 3. Quadro di parallelo inverter. 4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie. 5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale. Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.17.010.0010	-	-	-	-	-	-	-
Con potenza complessiva per singolo impianto:								
da 7 a 20 kWp	1E.17.010.0010.b	7,8	kWp	2.713,48	2.466,80	19.241,04	22%	23.474,07
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 577,23	22%	€ 704,22
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.346,87	22%	€ 1.643,18
TOTALE (I₀ – EEM5)						21.165,14	22%	25.821,48

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

L'analisi di convenienza delle singole EEM analizzate è stata svolta tramite la valutazione dei principali indicatori economici d'investimento secondo il metodo dei flussi di cassa, valutando chiaramente i valori dei costi, ricavi, flussi di cassa e redditività.

Si è inoltre posta particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili agli scenari (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc.), con la quantificazione dell'importo incentivabile e l'analisi dei flussi di cassa e degli indicatori finanziari con e senza il contributo degli incentivi considerati.

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

- TRS (tempo di ritorno semplice);
- TRA (tempo di ritorno attualizzato);
- VAN (valore attuale netto);
- TIR (tasso interno di rendimento)
- IP (indice di profitto);

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

$$TRS = \frac{I_0}{\overline{FC}}$$

Dove:

- I_0 è il valore dell'investimento iniziale;
- \overline{FC} è il flusso di cassa medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento.

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

$$TRA = \frac{I_0}{\overline{FC}_{att}}$$

Dove:

- I_0 è il valore dell'investimento iniziale;
- \overline{FC}_{att} è il flusso di cassa attualizzato medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento, opportunamente attualizzati tramite il tasso di attualizzazione.

$$FC_{att,n} = FC_n \frac{(1+f)^n (1+f')^n}{(1+R)^n} \approx FC_n \frac{1}{(1+i)^n}$$

Dove:

- FC_n è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- f è il tasso di inflazione;
- f' è la deriva dell'inflazione;
- R è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$ è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$ è il fattore di annualità (FA_n).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FC_n}{(1+i)^n} - I_0$$

Dove:

- n sono gli anni di vita tecnica per la tecnologia di ciascuna EEM, o, 15 anni per lo SCN1, o, 25 anni per SCN2;

4) Tasso Interno di Rendimento (TIR), è il valore di i che rende il VAN = 0.

5) Indice di Profitto (IP):

$$IP = \frac{VAN}{I_0}$$

I tassi di interesse utilizzati per le operazioni di attualizzazione e analisi economico sono i seguenti:

- Tasso di sconto: **$R = 4\%$**
- Tasso di inflazione relativa al costo dei vettori energetici e dei servizi di manutenzione: **$f = 0.5\%$**
- Deriva dell'inflazione relativa al costo dei vettori energetici **$f'_{ve} = 0.7\%$** e dei servizi di manutenzione **$f'_m = 0\%$**

I risultati dell'analisi economica tramite flussi di cassa sono poi stati rappresentati mediante tipici grafici a farfalla, dal quale è possibile evincere i flussi di cassa cumulati di progetto, l'investimento capitale iniziale, I_0 , e il TRS.

Analogamente la rappresentazione grafica dei flussi di cassa cumulati attualizzati permetterà la visualizzazione del TRA e del VAN.

Di seguito si riportano i flussi di cassa ed i risultati dell'analisi di convenienza delle singole EEM proposte.

Il dettaglio dei calcoli è riportato all' Allegato B – Elaborati.

EEM1: isolamento dall'esterno della copertura piana

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

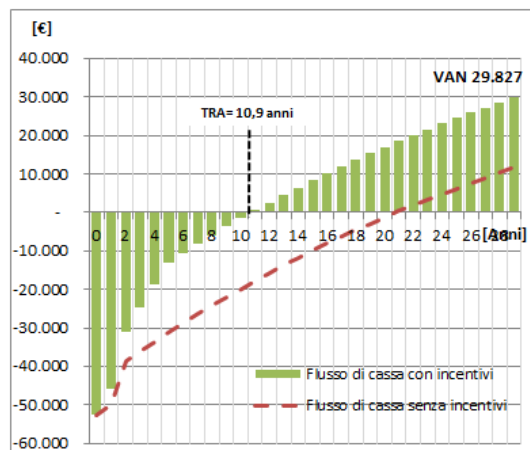
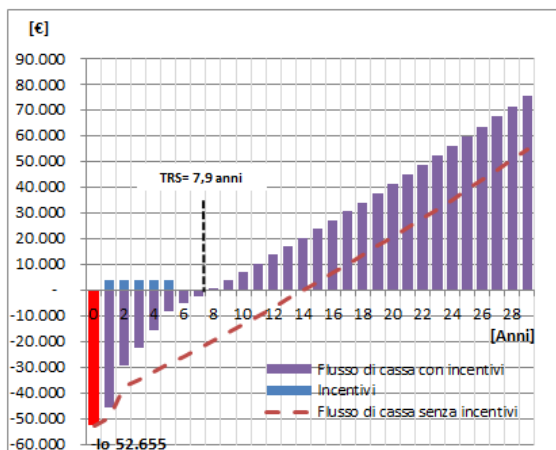
Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	51.121
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	4.090
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	14,1	7,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,9	10,9
Valore attuale netto	VAN	11.621	29.827
Tasso interno di rendimento	TIR	5,9%	10,0%
Indice di profitto	IP	0,23	0,58

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono.

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

EEM2: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	42.740
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	3.419
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	7,0	4,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	8,6	4,8
Valore attuale netto	VAN	19.926	35.148
Tasso interno di rendimento	TIR	10,7%	17,1%
Indice di profitto	IP	0,47	0,82

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.3 – EEM2: Flusso di cassa con e senza incentivi

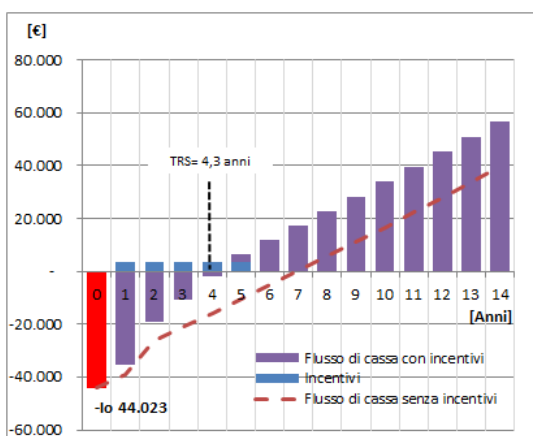
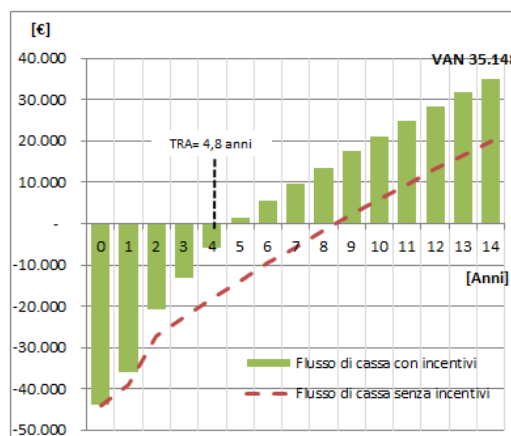


Figura 9.4 – EEM2: Flusso di cassa attualizzato con e senza incentivi



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: installazione di impianto solare termico per la produzione di ACS

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	12.990
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	698
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	22,6	16,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	28,5	19,8
Valore attuale netto	VAN	- 6.331	3.222
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,9%	-1,5%
Indice di profitto	IP	-0,49	-0,25

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.5 – EEM4: Flusso di cassa non attualizzato con e senza incentivi

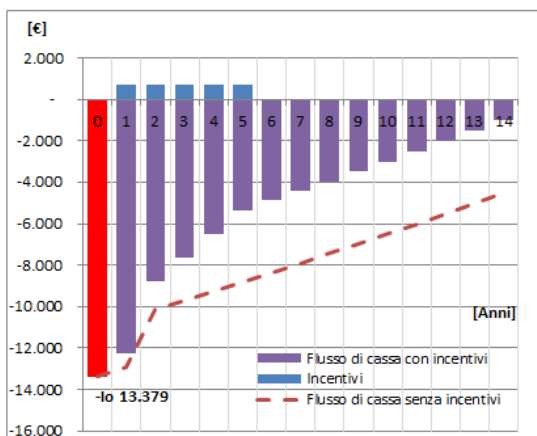
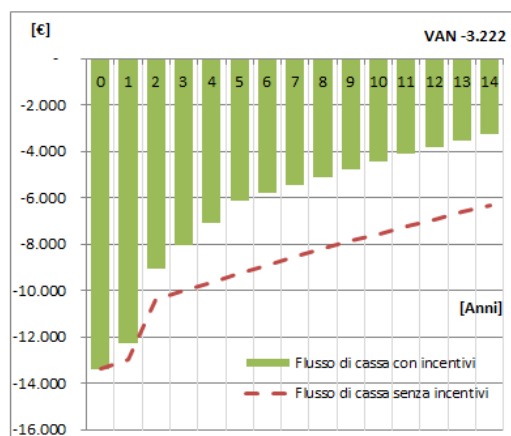


Figura 9.6 – EEM4: Flusso di cassa attualizzato con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM4 non risulta economicamente vantaggiosa sebbene l'installazione del solare termico porti un contributo significativo alla produzione di ACS per l'edificio oggetto di DE.

EEM4: installazione di impianto fotovoltaico

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	25.821
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
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	>15	>15
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>15	>15
Valore attuale netto	VAN	- 15.593	- 15.593
Tasso interno di rendimento	TIR	-9,5%	-9,5%
Indice di profitto	IP	-0,60	-0,60

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.7 – EEM5: Flusso di cassa non attualizzato con e senza incentivi

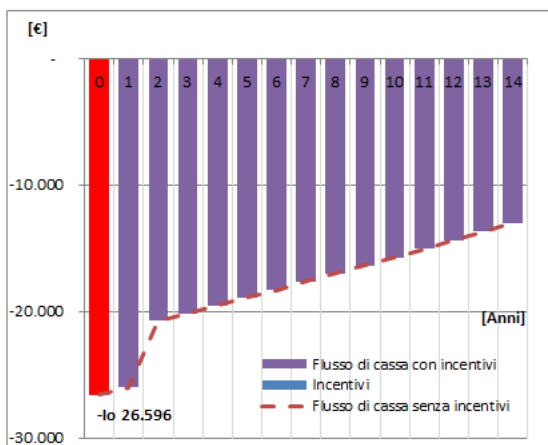
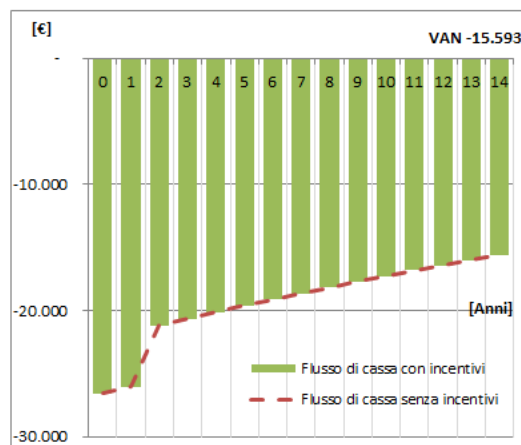


Figura 9.8 – EEM5: Flusso di cassa attualizzato con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM5 non risulta economicamente vantaggiosa poiché il consumo di energia elettrica non è troppo oneroso per l'edificio oggetto di DE.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata in Tabella 9.1 e in Tabella 9.2.

Tabella 9.1 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	ANNI [n°]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	13,7%	14,3%	3.440	0	0	51.121	14,1	20,9	30	11.621	5,9%	0,23
EEM 2	16,1%	16,7%	4.022	1.672	445	42.740	7,0	8,6	15	19.926	10,7%	0,47
EEM 3	2,1%	1,9%	519	0	0	12.990	>15	>15	15	<0	-5,9%	-0,49
EEM 4	2,8%	2,6%	712	0	0	25.821	>15	>15	15	<0	-9,5%	-0,60

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;

Dall'analisi dei risultati emerge che gli unici interventi con un tempo di ritorno inferiore alla loro vita utile e con il risparmio energetico maggiore risultano essere EEM1 e EEM2.

Tabella 9.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	ANNI [n°]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	13,7%	14,3%	3.440	0	0	51.121	7,9	10,9	30	29.827	10,0%	0,58
EEM 2	16,1%	16,7%	4.022	1.672	445	42.740	4,3	4,8	15	35.148	17,1%	0,82
EEM 3	2,1%	1,9%	519	0	0	12.990	>15	>15	15	<0	-1,5%	-0,25
EEM 4	2,8%	2,6%	712	0	0	25.821	>15	>15	15	<0	-9,5%	-0,60

Dall'analisi dei risultati, considerando gli incentivi del conto termico, emerge che i tempi di ritorno degli investimenti si abbassano ulteriormente per EEM1 ed EEM2. L'incentivo giova in minor entità anche per EEM3 il cui tempo di ritorno resta comunque superiore alla vita utile.

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

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stata possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del 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 intendono 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 soluzioni integrate che includono interventi sull'involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

- **Scenario 1: [EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4]:** Tale scenario consiste nell'isolamento dall'esterno della copertura piana, nell'installazione di un impianto solare termico per la produzione di ACS unitamente al cambio di sistema di generazione e regolazione in favore di una soluzione con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche.
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM2]:** Tale scenario consiste nell'isolamento dall'esterno della copertura piana, unitamente a un cambio di sistema di generazione e regolazione in favore di una soluzione con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche.

9.3.1 Scenario 1: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4

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

- EEM 1: isolamento dall'esterno della copertura piana
- EEM 2: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche
- EEM 3: installazione di impianto solare termico per la produzione di ACS
- EEM 4: installazione impianto fotovoltaico

Tabella 9.3 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

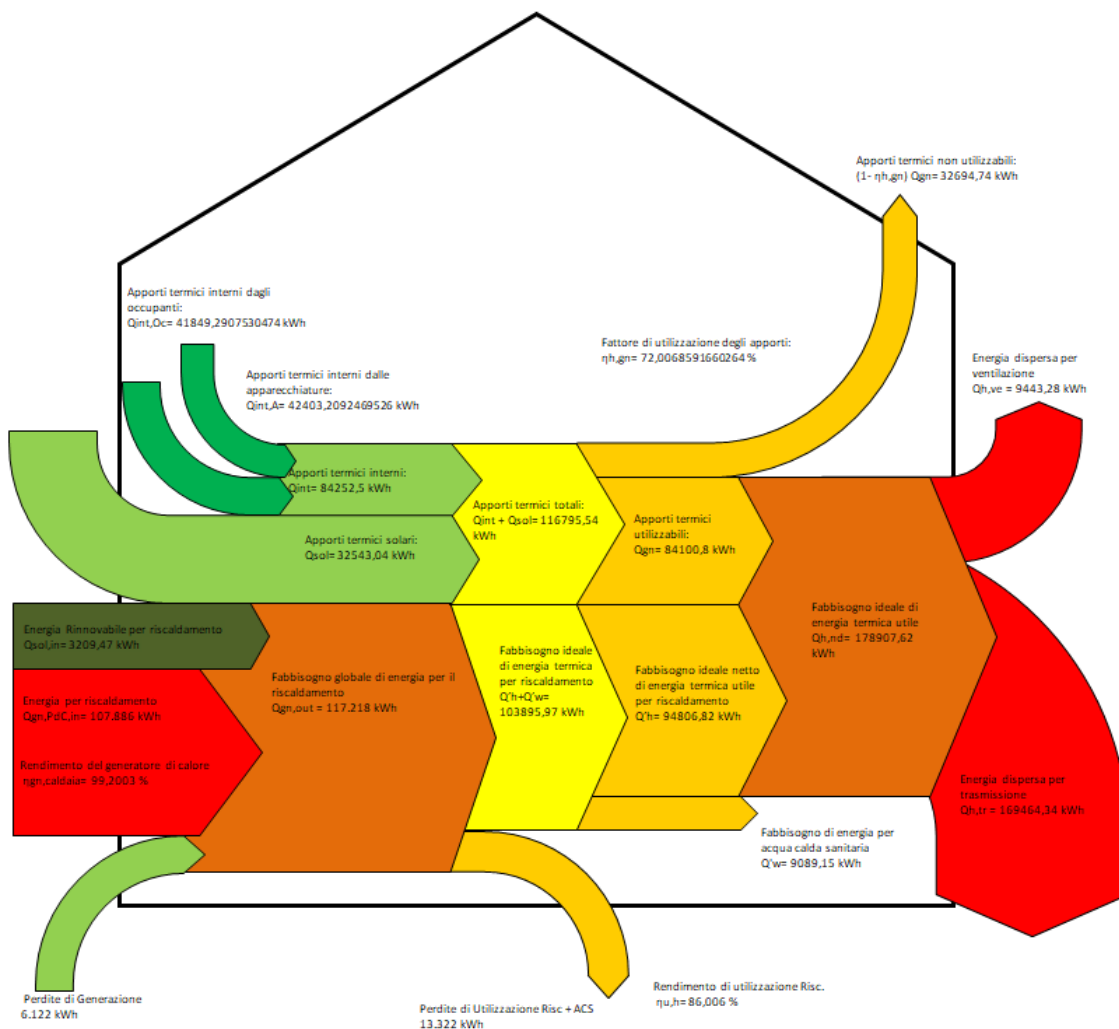
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	38.094	8.380	46.474
EEM2 Fornitura & Posa	21.207	4.665	25.872
EEM3 Fornitura & Posa	9.680	2.129	11.809
EEM4 Fornitura & Posa	19.241	4.233	23.474
Costi per la sicurezza	2.646	582	3.228
Costi per la progettazione	6.175	1.359	7.534
TOTALE (I₀)	97.043	21.348	118.391
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	3.902	1.037	4.939
EEM3 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	3.902	1.037	4.939
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	39.540	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		7.908	

Tabella 9.4– Stima dell'incentivo da Conto Termico

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

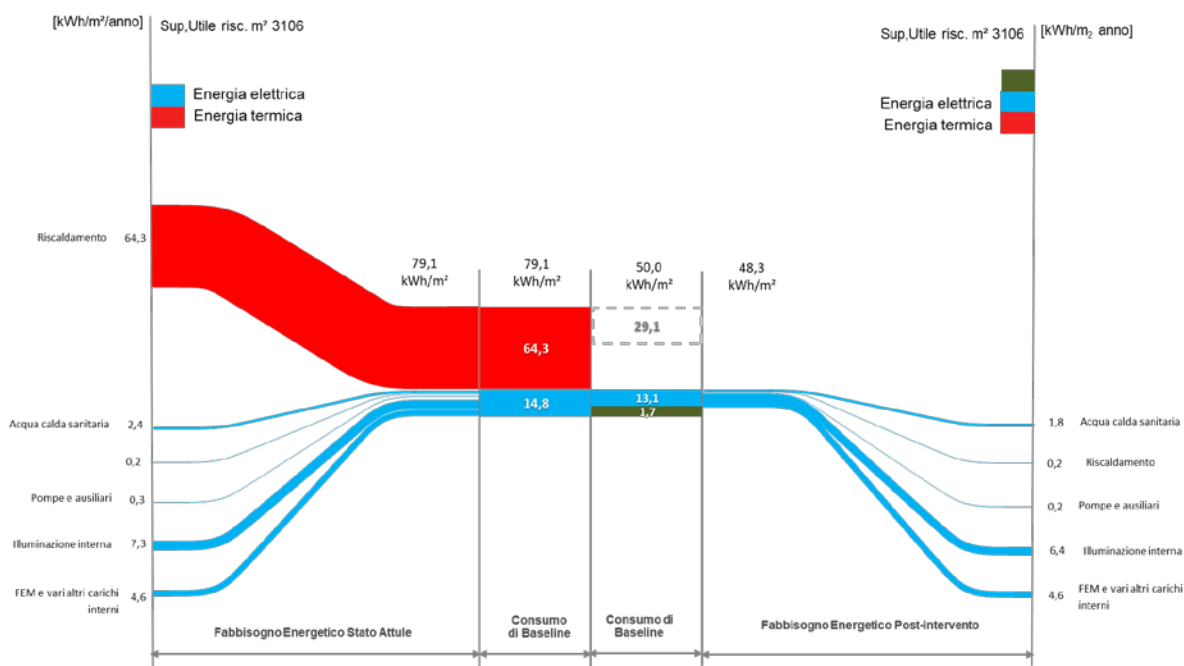
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.9 – Scenario 1: 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 è presente sia energia recuperata nel sottosistema di generazione che energia termica da fonte rinnovabile. Il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è 86%.

Figura 9.10 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.5 e nella Figura 9.11

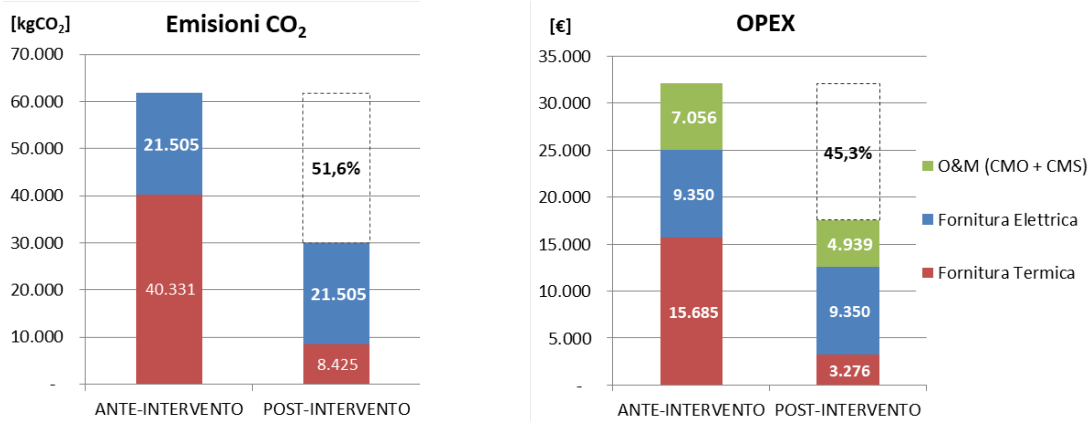
Tabella 9.5 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza]	[W/m²K]	1,56	0,22	85,9%
EM2 [Rendimento di generazione]	[-]	86%	84%	2,3%
EM3 [Produzione annua]	[kWh/anno]	0	3777,54	-100,0%
EM4 [Produzione annua]	[kWh/anno]	0	8473,7	-100,0%
Q _{teorico}	[kWh]	199.657	41.707	79,1%
EE _{teorico}	[kWh]	46.049	46.049	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	40.331	8.425	79,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	21.505	21.505	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	61.836	29.930	51,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	15.685	3.276	79,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	9.350	9.350	0,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	25.034	12.626	49,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.575	3.902	30,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	1.482	1.037	30,0%
C _{MO}	[€]	7.056	4.939	30,0%
C _{MS}	[€]	32.091	17.566	45,3%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	199.657	41.707	79,1%
OPEX	[€]	46.049	46.049	0,0%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh]

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

 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 9.6, Tabella 9.7 e Tabella 9.8 e nelle successive figure.

Tabella 9.6 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdP})$	$k_{pogetto}$	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	12
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 118.391
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.552
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 121.942
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 97.554
Equity	I_E	€ 24.388
Fattore di annualità Debito	FA_D	9,62
Rata annua debito	q_D	€ 10.146
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 121.751
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 24.197

Tabella 9.7 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 20.523
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 5.781
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 26.304
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	49,6%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	30,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 10.774
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.315
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 66.866
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 14.255
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	38,69%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 3.370
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 1.728
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 4.361
Canone O&M €/anno	CnM	€ 4.202
Canone Energia €/anno	CnE	€ 11.328
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 15.530
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 9.459
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 24.989
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 21.349
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 39.540
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.8 – 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.	7,06
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,08
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN < 0$	€ 33.402
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR < WACC$	9,23%
Indice di Profitto	IP	28,21%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	2,34
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,67
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN < 0$	€ 26.077
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR < ke$	47,08%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,347
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	1,150
Indice di Profitto Azionista	IP	22,03%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

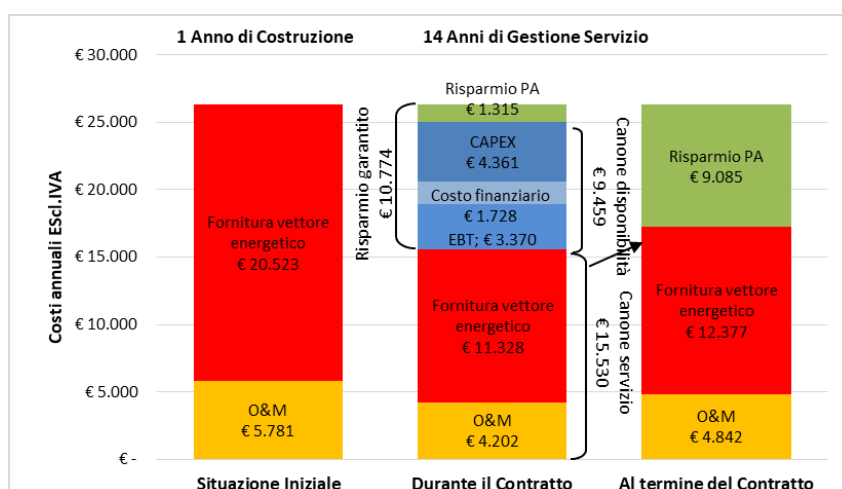


Si può quindi constatare che lo Scenario 1 risulti rientrare in un tempo di ritorno semplice inferiore ai 15 anni solo se si considerano gli incentivi previsti dal Conto Termico con un risparmio energetico e di emissioni di CO₂ superiore al 50%.

Come premesso nell'Executive Summary, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l'ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR. In questo caso gli indici finanziari sono buoni (DSCR > 1,3 e LLCR > 1) ma non si verifica il doppio salto di classe energetica richiesto come plus dalla committenza.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale 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

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

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

- EEM 1: isolamento dall'esterno della copertura piana
- EEM 2: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

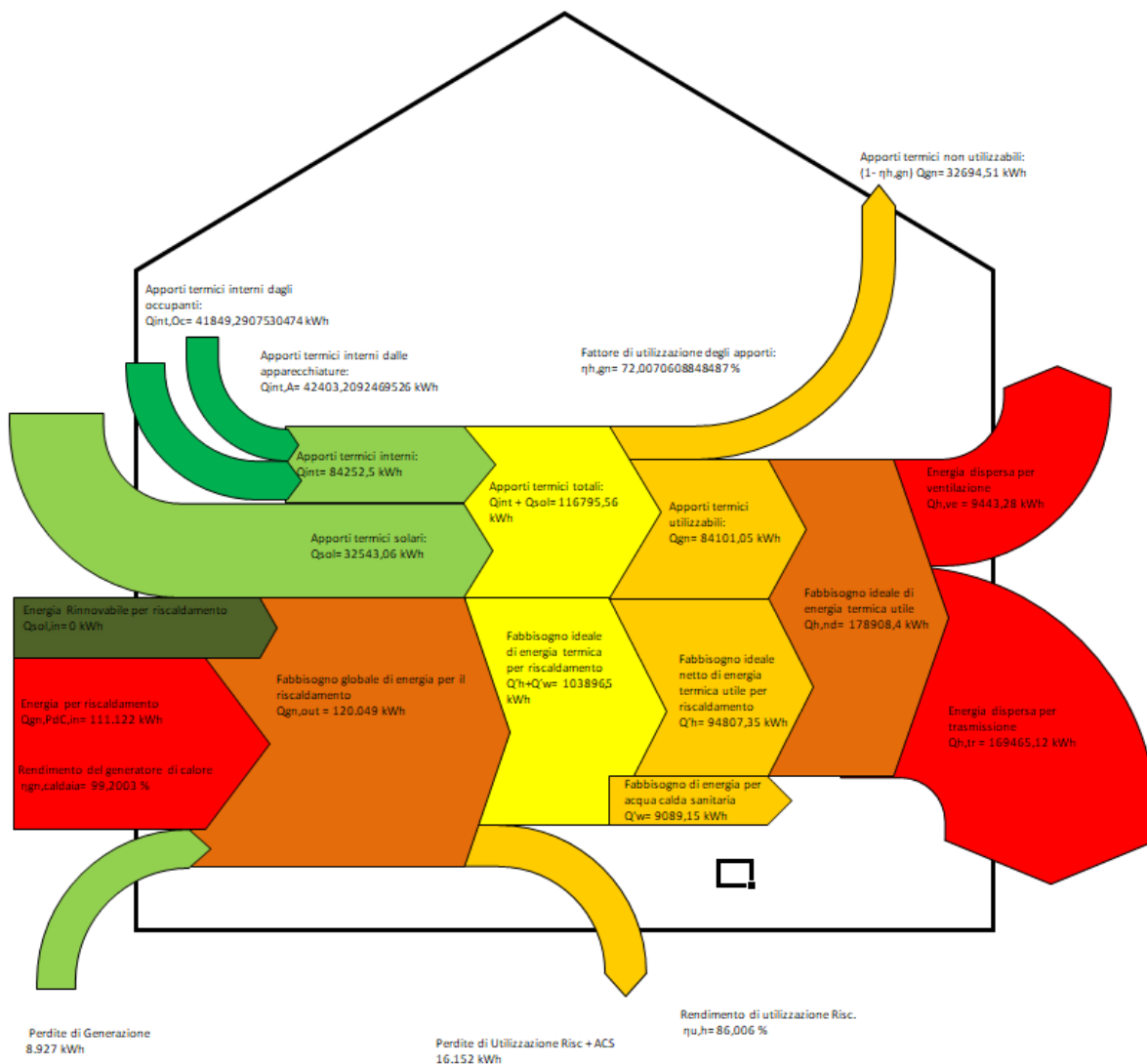
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	38.094	8.380	46.474
EEM2 Fornitura & Posa	21.207	4.665	25.872
Costi per la sicurezza	1.779	391	2.170
Costi per la progettazione	4.151	913	5.064
TOTALE (I₀)	65.231	14.349	79.580
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	3.902	1.037	4.939
EEM5 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	3.902	1.037	4.939
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	35.876	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		7.175	

Tabella 9.10– Stima dell'incentivo da Conto Termico

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

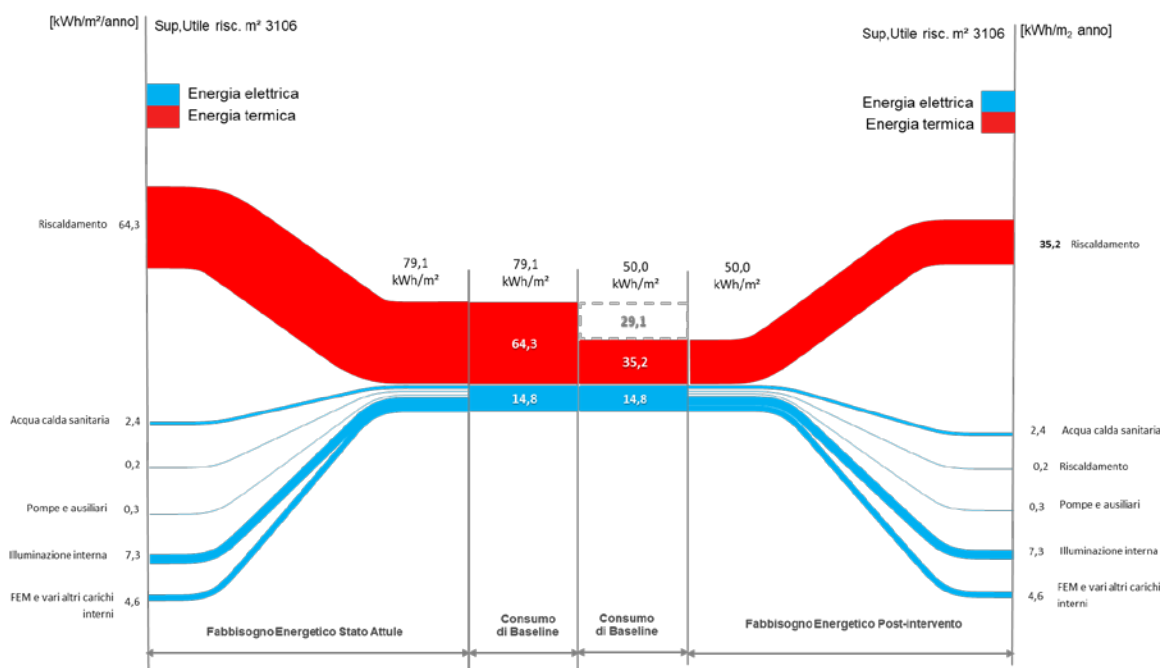
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.15 – Scenario 2: 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 è presente sia energia recuperata nel sottosistema di generazione che energia termica da fonte rinnovabile. Il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è 86%.

Figura 9.16 – Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.11 e nella Figura 9.17

Tabella 9.11 – Risultati analisi SCN2

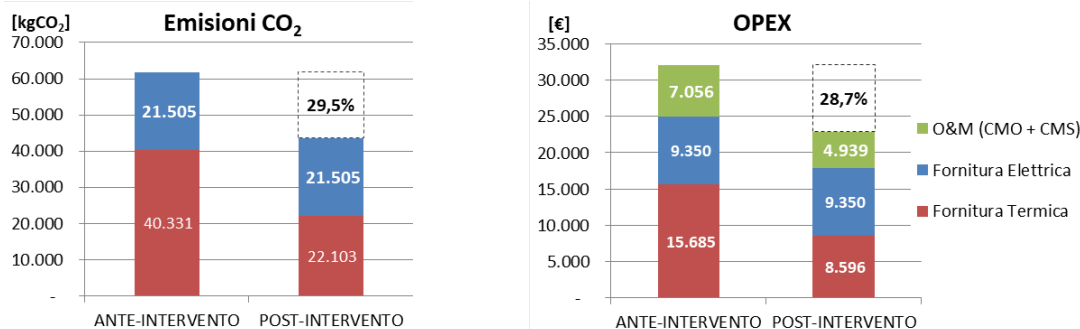
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza]	[W/m²K]	1,56	0,22	85,9%
EM2 [Rendimento di generazione]	[-]	86%	84%	2,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	202.765	111.122	45,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	47.830	47.830	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	199.657	109.419	45,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	46.049	46.049	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.331	22.103	45,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	21.505	21.505	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	61.836	43.607	29,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	15.685	8.596	45,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	9.350	9.350	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.034	17.945	28,3%
C_{MO}	[€]	5.575	3.902	30,0%
C_{MS}	[€]	1.482	1.037	30,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.056	4.939	30,0%
OPEX	[€]	32.091	22.885	28,7%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh]

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

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale



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 9.6, Tabella 9.7 e Tabella 9.8 e nelle successive figure.

Tabella 9.12 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

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	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 79.580
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.387
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 81.967
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 65.574
Equity	I_E	€ 16.393
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 7.899
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 78.987
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D = $q_D * n_D - D$	€ 13.414

Tabella 9.13 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 20.523
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 5.781
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 26.304
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	28,3%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	30,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 4.847
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.315
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 153.428
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 10.172
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	48,33%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 1.651
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 559
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.323
Canone O&M €/anno	CnM	€ 4.310
Canone Energia €/anno	CnE	€ 17.147
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 21.457
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 3.532
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 24.989
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 14.350
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 35.876
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.14 – 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.	6,89
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,45
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 22.764
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	8,86%
Indice di Profitto	IP	28,60%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	2,77
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,17
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 14.378
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	35,56%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,209
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	1,458
Indice di Profitto Azionista	IP	18,07%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale



Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista

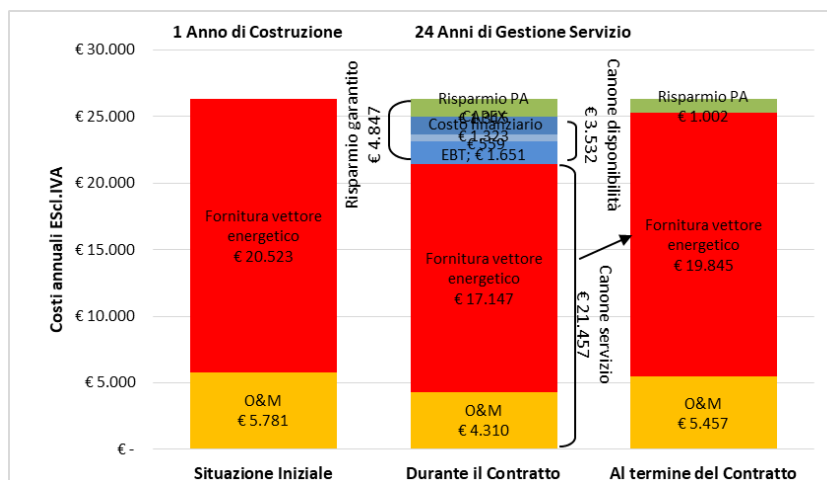


Si può quindi constatare che lo Scenario 2 risulti rientrare in un tempo di ritorno semplice inferiore ai 25 anni solo in considerazione degli incentivi previsti dal Conto Termico con un notevole risparmio energetico e di emissioni di CO₂.

Come premesso nell'Executive Summary, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l'ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR. In questo caso gli indici finanziari sono buoni (DSCR leggermente sotto la soglia richiesta dalla committenza ma comunque nel suo intorno) ma non si verifica il doppio salto di classe energetica richiesto come plus dalla committenza.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale 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 porta a un giudizio BUONO per l'indice IEN_R e SUFFICIENTI per l'indice IEN_E.

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	13,2	8,2	11,8	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12,6	13,2	13,3

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

L'analisi di sostenibilità finanziaria dei due scenari ha dato come risultato ottimale, in termini di salto di classe energetica, tempo di ritorno e remunerabilità dell'investimento, lo Scenario 1.

Di seguito si riassumono i risultati dello scenario sopra citato.

	SENZA INCENTIVI												
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	49,6%	51,6%	10.171	1.371	364	118.391	14,1	15,9	-2.142	5,97%	-0,018	1,09	1,02
	CON INCENTIVI												
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	49,6%	51,6%	10.171	1.371	364	118.391	2,3	2,7	26.077	47,08%	0,220	1,35	1,15

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 attraverso l'involucro;
- non è stato constatato un discomfort termoigrometrico degli ambienti.

Si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni degli impianti energetici; tuttavia, l'edificio otterrebbe dei giovamenti anche intervenendo sull'involucro (copertura). La combinazione con interventi come la sostituzione dei serramenti o la sostituzione dei punti luce attuali con altri a tecnologia LED consentirebbe un doppio salto di classe energetica ma in questa relazione non vengono presentati poiché particolarmente deficitari dal punto di vista della sostenibilità economica.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti cercando di rispettare le richieste della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni) prediligendo però la buona fattibilità economica laddove venisse a mancare il doppio salto di classe energetica.

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



E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

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 4 EDIFICIO	10/1997	PIAN4
06	TAVOLA PIANO 5 EDIFICIO	10/1997	PIAN5
07	TAVOLA PIANO 6 EDIFICIO	10/1997	PIAN6
08	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO	10/1997	PIANC
09	TAVOLA PIANO COPERTURA PIANA	10/1997	PIANCP
10	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	10/1997	PIANT
11	SCHEMA CENTRALE TERMICA	05/2017	137-P01-024
12	CENSIMENTO PIANO TERRA	05/2017	L1-042-137-P00
13	CENSIMENTO PIANO 1	05/2017	L1-042-137-P01
14	CENSIMENTO PIANO 2	05/2017	L1-042-137-P02
15	CENSIMENTO PIANO 3	05/2017	L1-042-137-P03
16	CENSIMENTO PIANO 4	05/2017	L1-042-137-P04
17	CENSIMENTO PIANO 5	05/2017	L1-042-137-P05
18	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-137-P00-Checklist
19	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-137-P01-Checklist
20	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	05/2017	L1-042-137-P02-Checklist
21	CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST	05/2017	L1-042-137-P03-Checklist
22	CENSIMENTO PIANO 4-CHECKLIST	05/2017	L1-042-137-P04-Checklist
23	CENSIMENTO PIANO 5-CHECKLIST	05/2017	L1-042-137-P05-Checklist
24	FATTURA DEL 06/03/2014	-	5700065495
25	FATTURA DEL 20/03/2014	-	5700098218
26	FATTURA DEL 23/04/2014	-	5700134957
27	FATTURA DEL 27/05/2014	-	5700176145
28	FATTURA DEL 23/06/2014	-	5700214975
29	FATTURA DEL 21/07/2014	-	5700248944
30	FATTURA DEL 12/09/2014	-	5700291206
31	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345541
32	FATTURA DEL 13/11/2014	-	5700373449
33	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411327
34	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700493139
35	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544142
36	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750081967
37	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544142
38	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750081967
39	FATTURA DEL 07/05/2015	-	E000140844
40	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
41	FATTURA DEL 03/06/2015	-	E000175672
42	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337522
44	FATTURA DEL 01/07/2015	-	E000234065
45	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281520
46	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
47	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386676
48	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281520
49	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337522
50	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386676
51	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337522
52	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
53	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386676
54	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929

*E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale*

55	FATTURA DEL 02/11/2015	-	E000432863
56	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483582
57	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018557
58	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483582
59	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018557
60	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084135
61	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
62	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018557
63	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084135
64	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
65	FATTURA DEL 16/06/2016	-	E000310245
66	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150590
67	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084136
68	FATTURA DEL 26/04/2016	-	E000218121
69	FATTURA DEL 26/04/2016	-	E000218120
70	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334604
71	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238237
72	FATTURA DEL 26/04/2016	-	E000218121
73	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334604
74	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150590
75	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238237
76	FATTURA DEL 01/06/2016	-	E000278554
77	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334604
78	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238237
79	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025276
80	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087948
81	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025276
82	FATTURA DEL 25/07/2016	-	011640048519
83	FATTURA DEL 24/08/2016	-	011640060830
84	FATTURA DEL 26/09/2016	-	011640074903
85	FATTURA DEL 19/12/2016	-	011640126640
86	FATTURA DEL 14/03/2017	-	011740042571
87	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100078
88	FATTURA DEL 16/01/2017	-	011740001581

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI P00	03/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – ELABORATI P01	03/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – ELABORATI P02	03/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2
04	ALLEGATO B – ELABORATI P03	03/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3
05	ALLEGATO B – ELABORATI P04	03/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP4
06	ALLEGATO B – ELABORATI P05	03/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP5
07	ALLEGATO B – ANALISI FATTURE	03/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
08	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
09	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1574 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-E1574_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

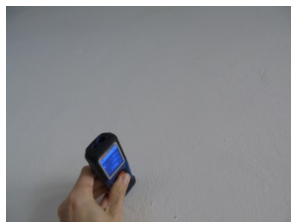
Distanziometro e bindella metrica

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.

E1574 – Scuola Elementare Mameli e Scuola Materna Statale

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-E1574_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	02/2018	DE_Lotto.2-E1574_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-E1574_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoH-ApeScenario2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoI-Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1574_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	04/2018	DE_Lotto.2-E1574_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-E1574_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_CON INCENTIVI
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	03/2018	DE_Lotto.2-E1574_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-E1574_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

ALLEGATO N – CD-ROM