

Scuola Comunale Infanzia “San Fruttuoso” E392

Piazza Manzoni 2

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Maggio 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

 eden
edilizia energetica

Scuola Comunale Infanzia “San Fruttuoso”

E392

Piazza Manzoni 2

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Maggio 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

Gruppo Eden srls
Via della Barca 24/3, 40133, Bologna
Tel: 051-7166459 – info@gruppoeden.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
Rev. A	24/04/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Prima emissione
Rev. B	11/05/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Seconda emissione
Rev. C	04/06/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Terza emissione

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.....	3
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	12
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	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	20
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	21
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	22
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	24
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	25
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	25
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	25
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	25
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	26
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	27
5 CONSUMI RILEVATI	28
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	28
5.1.1 <i>Energia termica</i>	28
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	32
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	36
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO	40
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	40
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	41
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	42
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	42
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	46
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	46
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	46
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	49



7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	52
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	53
TABELLA 7.8 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE.....		53
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	55
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	55
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	55
8.1.1	<i>Impianto di riscaldamento.....</i>	59
8.1.2	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	61
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	63
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	66
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	73
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2 + EEM4.....</i>	75
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM2 + EEM3 + EEM5.....</i>	81
10	CONCLUSIONI	87
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	87
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	87
10.2.1	<i>Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:.....</i>	87
10.2.2	<i>Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi</i>	88
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.....		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA.....		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....		1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT		1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE		1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI.....		1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		1
ALLEGATO N – CD-ROM.....		1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1930 (ipotesi)
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	584,6
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.567,5
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.161,4
Rapporto S/V	[1/m]	0,496
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	673,7
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	820,8
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	538,3
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.359,1
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	465
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas naturale – Gasolio (2014)
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾⁽²⁾	[t/anno]	15,93
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾⁽²⁾	[kWh _{th} /anno]	65.486
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾⁽²⁾	[€/anno]	5.543
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	5.793
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	1.540

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): Sono esclusi i consumi termici imputabili all'adiacente Municipio III Bassa Val Bisagno

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento pareti esterne;
- EEM 2: Isolamento solaio verso sottotetto;
- EEM 3: Sostituzione infissi e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 4: Sostituzione del generatore di calore e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- SCN 1: Isolamento solaio verso sottotetto, sostituzione del generatore di calore e installazione di valvole termostatiche;
- SCN 2: Isolamento solaio verso sottotetto, sostituzione infissi e installazione di valvole termostatiche, installazione di nuove plafoniere con lampade led.

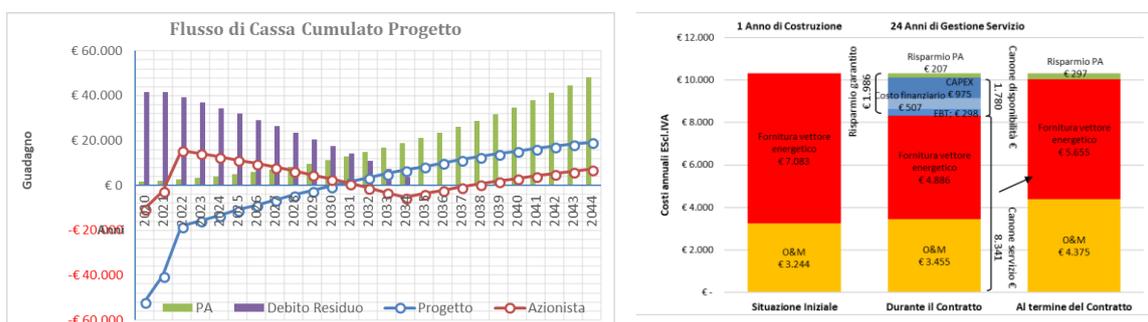
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_e	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	%	%	€/anno	€/anno	€/anno	[€]	anni	anni	anni	€	%	-		
EEM1	9,6%	10,1%	680,5	0,0	0,0	-49.156,4	36,2	47,0	30	-18.330,3	-2,1%	-0,4	[n/a]	[n/a]
EEM2	5,8%	6,1%	409,6	0,0	0,0	-14.245,9	17,5	30,4	30	-180,9	3,8%	0,0	[n/a]	[n/a]
EEM3	19,6%	20,7%	1.387,6	0,0	0,0	-34.440,4	13,5	19,9	30	5.340,6	6,1%	0,2	[n/a]	[n/a]
EEM4	23,7%	25,1%	1.680,3	0,0	0,0	-11.607,4	3,9	4,7	15	10.255,7	20,3%	0,9	[n/a]	[n/a]
EEM5	8,2%	6,4%	580,5	0,0	0,0	-1.799,7	1,8	1,9	8	2.129,7	37,9%	1,2	[n/a]	[n/a]
SCN1	34,0%	36,0%	2.410,9	0,0	0,0	-3,0	6,6	8,2	20	6454,0	10,0%	25,3	1,231	1,093
SCN2	40,8%	40,8%	2.892,8	0,0	0,0	-50.486,0	11,2	17,3	25	4045,0	5,5%	8,0	1,041	0,864

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, quest’ultimo solo per l’SCN2. 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); tuttavia, la necessità del doppio salto di classe non lo ha reso sempre possibile, vista la necessità di ricorrere ad interventi molto efficaci dal punto di vista della riduzione del fabbisogno energetico (coibentazione sottotetto), ma allo stesso tempo anche particolarmente onerosi da un punto di vista economico. Entrambi gli scenari individuati consentono il salto di due classi, ma presentano valori sufficienti solo per l’indicatore DSCR. LLCR è invece inferiore all’unità solo per l’SCN2 in quanto i flussi di cassa cumulati dell’azionista, come osservabile nei grafici, dopo aver raggiunto un picco positivo cominciano decrescere.

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 uguale rispettivamente a 25 o a 15 anni.

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dal Gruppo Eden srls il cui responsabile per il processo di audit è l'Arch. Valentina Raisa, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata [esposta a Nord-Ovest]



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Eugenio Ardeni	TA – Tecnico dell’analisi preliminare	Analisi del capitolato tecnico del bando e preparazione materiale per il sopralluogo
Ing. Sara Finardi	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Ing. Eleonora Cintura	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Ing. Sara Finardi	TC – Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Sara Finardi	TC – Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Sonia Subazzoli	Esperto involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Emanuele Pifferi	Esperto Impianto	Revisione report di diagnosi energetica
Arch. Valentina Raisa	REDE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 50 Mapp. 11 Sub. 1, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere San Fruttuoso, in Piazza Manzoni 2.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a sede della scuola comunale dell’infanzia “San Fruttuoso”.

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		1930 (ipotesi)
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	584,6
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.567,5
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.161,4
Rapporto S/V	[1/m]	0,496
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate) ⁽²⁾	[m ²]	673,7
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) ⁽²⁾	[m ²]	820,8
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	538,3

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) ⁽²⁾	[m ²]	1.359,1
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	465
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas naturale – Gasolio (2014)
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾⁽³⁾	[t/anno]	15,93
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾⁽³⁾	[kWh _{th} /anno]	65.486
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾⁽³⁾	[€/anno]	5.543
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	5.793
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	1.540

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): E' compreso anche il seminterrato inagibile

Nota (3): Sono esclusi i consumi termici imputabili all'adiacente Municipio III Bassa Val Bisagno

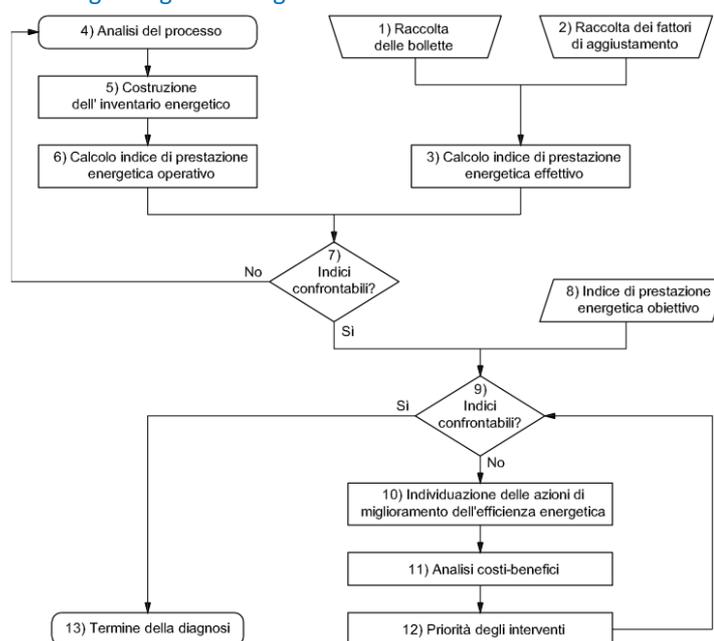
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Namirial Termo 4.2, rilasciato dalla Namirial Spa in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) in data 29/06/2016, protocollo n.71, come rispondente alle specifiche tecniche UNI TS 11300, ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

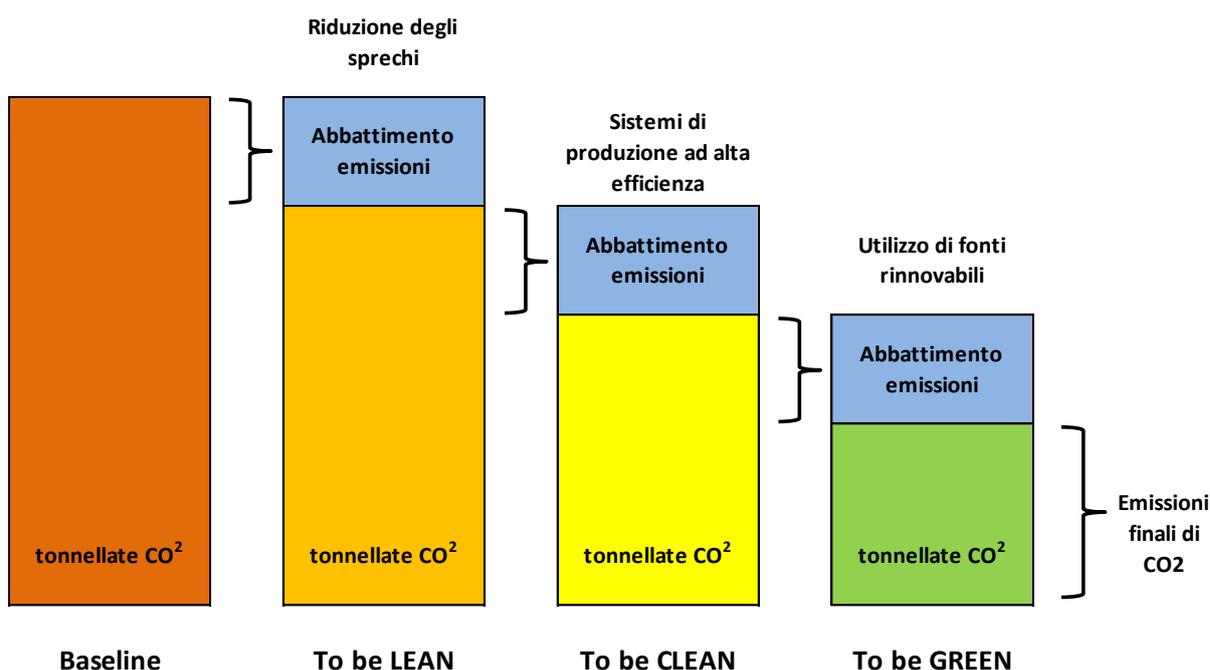
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica, (fonte: London Plan 2011)



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

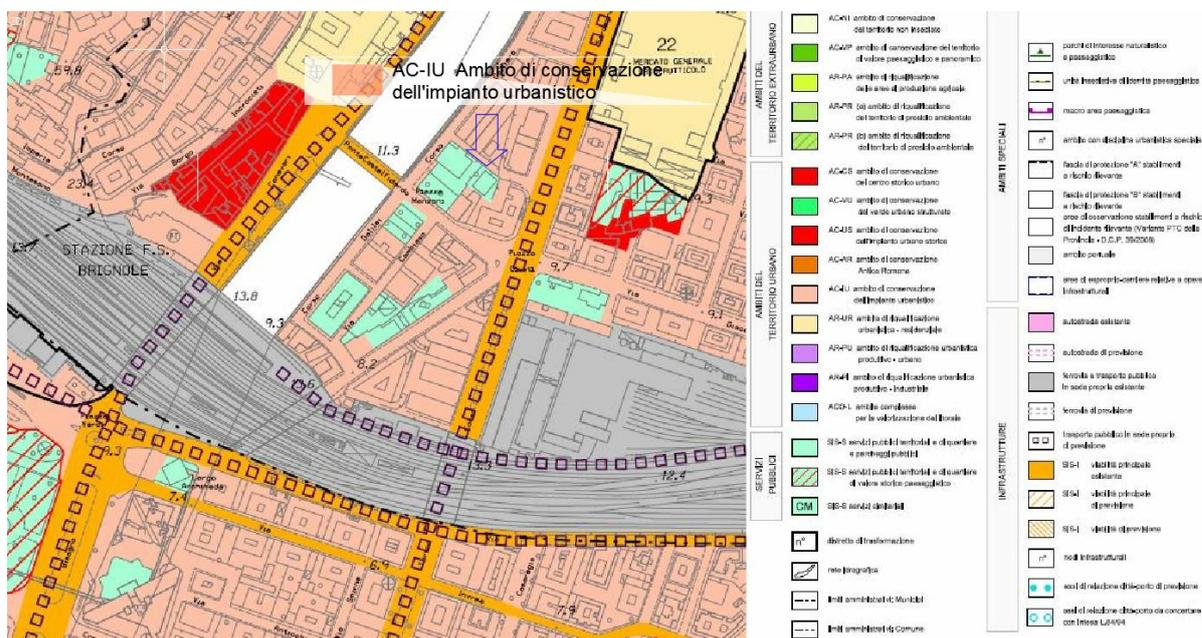
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona AC-IU ambito di conservazione dell'impianto urbanistico, avente come obiettivo la conservazione del patrimonio edilizio esistente a meno che non siano necessari di interventi di riqualificazione per inadeguatezza della tipologia o per stato di degrado sempreché non si tratti di fabbricati significativi sotto il profilo monumentale, architettonico, paesaggistico o documentario. In particolare l'edificio oggetto della DE viene classificato come SIS-S (Servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici).

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

Ai sensi del DPR 412/93 l'edificio ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. Il piano terra, in seguito ai danni provocati dall'esonazione del torrente Bisagno nel 2014, è ora utilizzato principalmente come magazzino e i locali adibiti a cucina restano tutt'ora inutilizzati. Due locali del piano terra risultano inaccessibili e inutilizzati dal 2014.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

È rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dagli studenti e dal personale docente.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da due piani fuori terra e un piano ammezzato. Il piano terra ospitava la cucina per la preparazione dei pasti della mensa e altri locali per le attività didattiche, ma non risulta più in uso dall’alluvione del 2014. Il piano ammezzato è adibito ai servizi igienici e ai locali del personale scolastico. Tutte le attività scolastiche si svolgono al piano primo dell’edificio. Intorno all’edificio si ha un’area esterna di circa 540 m², in parte dedicata alle attività ludiche degli alunni.

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



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

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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Ingresso, servizi, ex cucina, ex lab.	[m ²]	379,1	216,7	0
Ammezzato	Servizi, locali del personale scolastico	[m ²]	108,9	84,4	0
Primo	Aule scolastiche	[m ²]	332,8	283,5	0
TOTALE		[m ²]	820,8	584,6	0

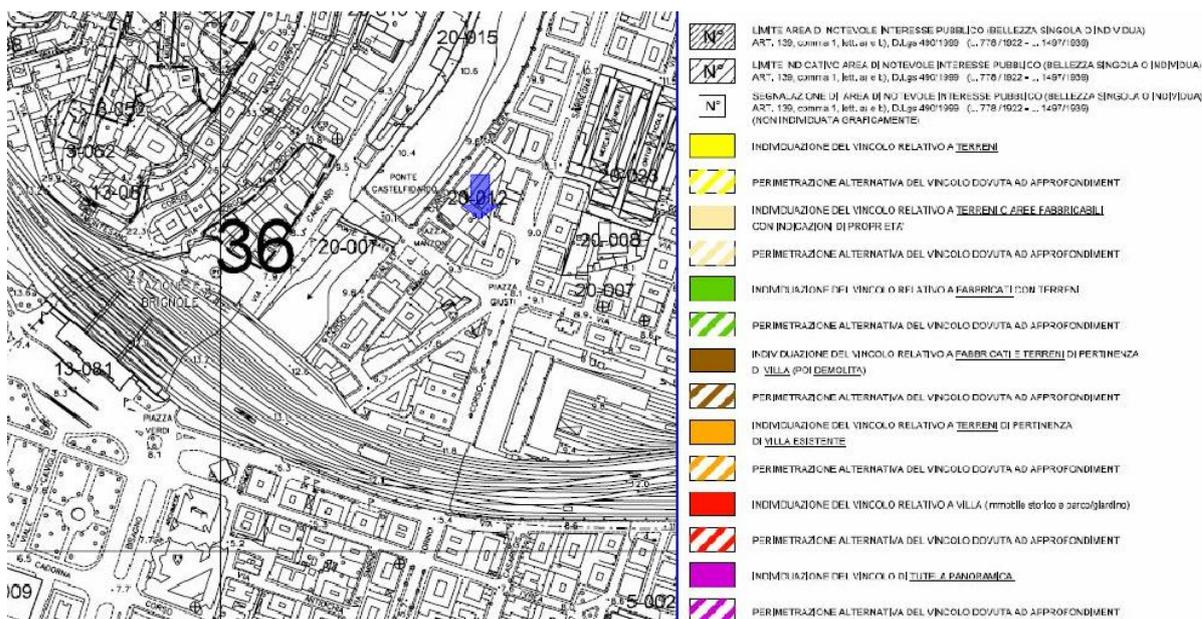
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

L’edificio non risulta essere un bene culturale, ambientale o paesaggistico soggetto a tutela. Nell’analisi delle EEM non si ritiene quindi necessaria l’identificazione delle possibili interferenze data l’assenza di vincoli.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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 pareti esterne	Storico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 2: Isolamento solaio verso sottotetto	-		-
EEM 3: Sostituzione Infissi e installazione valvole termostatiche	Storico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 4: Sostituzione generatori di calore e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 5: Installazione nuove plafoniere con lampade led	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell’edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all’interno dell’edificio scolastico.

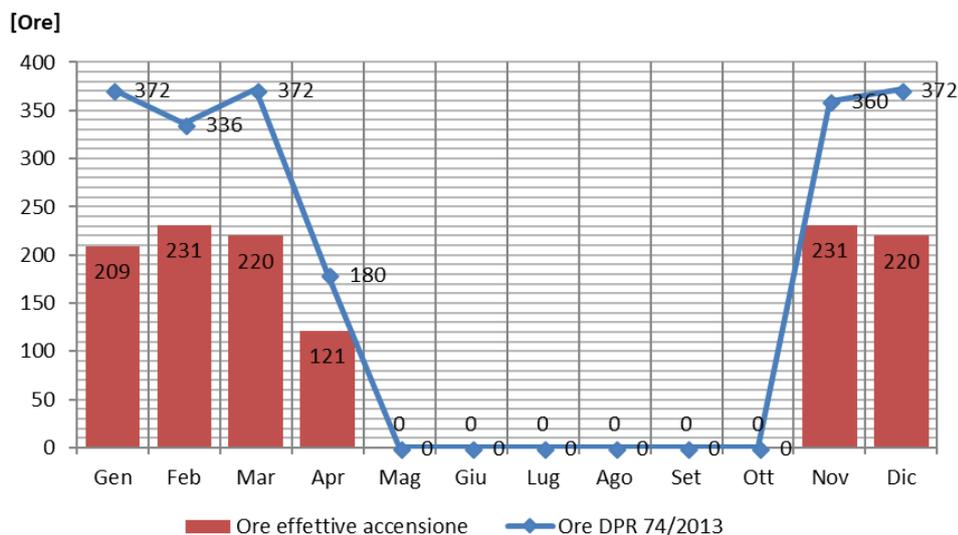
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati indicati dal personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti corrispondono ai giorni di apertura e chiusura dell’edificio.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.30	7:00 – 18:00
Dal 15 Aprile al 1 Novembre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.30	-

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’edificio



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura.

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

Ove presenti, all’interno del contratto di Servizio Energia sono stati inseriti la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di climatizzazione estiva.

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 956 GG calcolati su 112 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	19	19	182	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	21	21	200	21%
Marzo	31	11,1	31	276	20	20	178	19%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	55	6%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	-	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	20	200	21%
TOTALE	365	16,7	166	1421	206	112	956	100%

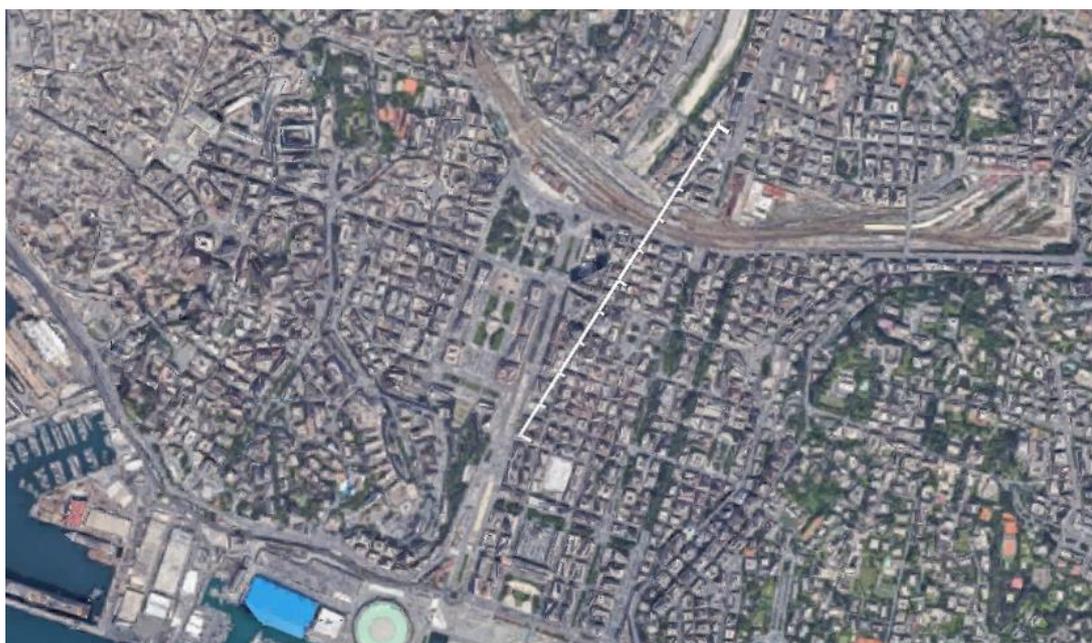
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 più vicina “GENOVA CENTRO FUNZIONALE” in viale delle Brigate Partigiane 2.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all’edificio oggetto della DE, a circa 1000 m di distanza in linea d’aria.

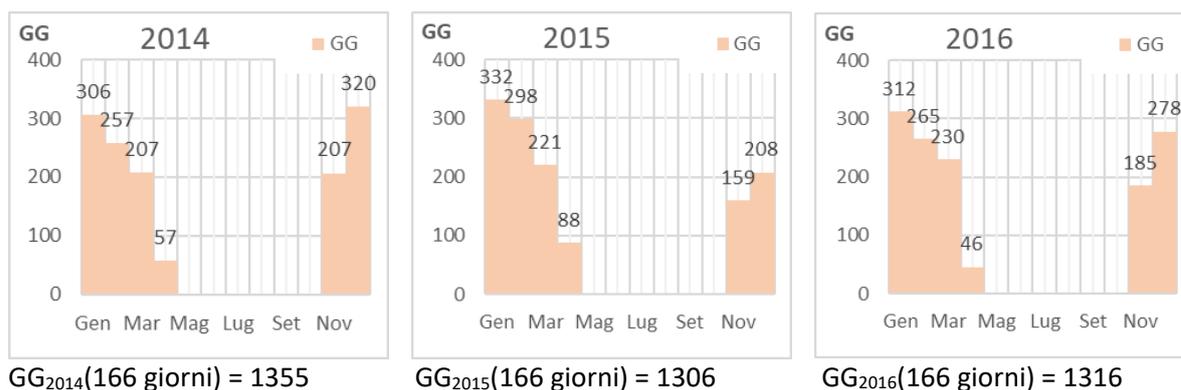
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento (2014 - 2015 – 2016), valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

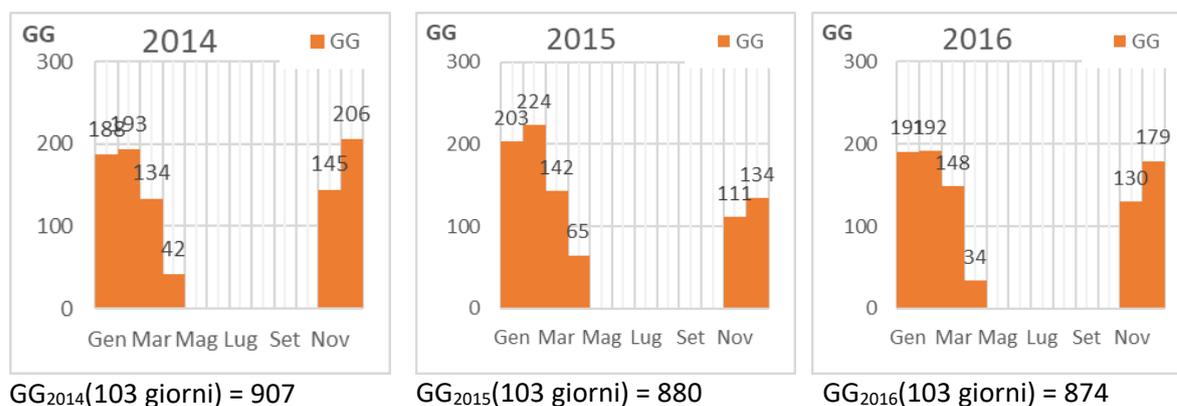


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 887 GG calcolati su 112 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 mostra come i mesi di Dicembre, Gennaio e Febbraio siano quelli con il maggiore fabbisogno termico per il riscaldamento.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è composto da murature portanti costituite da mattoni pieni. La tipologia edilizia è uniforme per tutti i lati della struttura. Dalle altezze dei locali si può dedurre come la parte nord-est dell'edificio, occupata dai servizi igienici, sia stata costruita successivamente, ma con le stesse caratteristiche del nucleo originario.

Figura 4.1 - Particolare della facciata principale



Va inoltre sottolineato che, anche se si tratta di un edificio che si trova all'interno di una zona di conservazione dell'impianto urbanistico, è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro visibili dall'esterno in quanto l'edificio non risulta vincolato.

Figura 4.2 - Particolare della facciata sud-est



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera ad infrarossi.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell'involucro dell'edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell'involucro edilizio. Si notino in particolare gli infissi e la zona del muro esterno al di sotto della finestra in corrispondenza dei terminali di emissione quali gli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell'edificio.

Figura 4.3 – Rilievo termografico dell’involucro



L’analisi termografica viene riportata nell’Allegato C – Report di indagine termografica.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/mqK]	
Parete verticale	PE PIENI 25	25	Assente	1,94	Sufficiente
Parete verticale	PE PIENI 30	30	Assente	1,71	Sufficiente
Parete verticale	PE PIENI 40	40	Assente	1,38	Sufficiente
Parete verticale	PE PIENI 60	60	Assente	0,99	Sufficiente
Parete verticale	PE PIENI 70	70	Assente	0,88	Sufficiente
Solaio interpiano	SOL1	30	Assente	1,30	Sufficiente
Copertura inclinata	COP1	26	Assente	1,95	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto prevalentemente da serramenti con telaio in legno e vetro singolo, con scarse prestazioni energetiche. Come sistema di ombreggiamento sono presenti scuri esterni in legno e tendaggi bianchi all’interno delle aule. Lo stato di conservazione degli infissi è molto scarso.

La porta dell’ingresso principale, più recente rispetto agli altri infissi, ha telaio in metallo e vetro singolo.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Figura 4.5 - Particolare dei serramenti



Figura 4.6 - Particolare dei serramenti – dettaglio angolo vetro



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera ad infrarossi.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'immagine termografica mostra come gli infissi costituiscano la parte maggiormente disperdente dell'involucro. Si notino in particolare la differenza di temperatura rilevata tra la superficie vetrata e la superficie opaca. Anche le zone del muro esterno al di sotto delle finestre in corrispondenza dei terminali di emissione sono tra gli elementi più disperdenti dell'involucro.

Figura 4.7 – Rilievo termografico dei serramenti



L'analisi termografica viene riportata nell'Allegato C – Report di indagine termografica.

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	130x230	Legno	Vetro singolo	5,03	Scarso
Serramento verticale	F2	130x130	Legno	Vetro singolo	4,93	Scarso
Serramento verticale	F3	135x150	Legno	Vetro singolo	4,98	Scarso
Serramento verticale	F4	140x215	Legno	Vetro singolo	5,06	Scarso
Serramento verticale	F5	140x150	Legno	Vetro singolo	5,00	Scarso
Serramento verticale	F6	215x165	Legno	Vetro singolo	4,66	Scarso
Porta d'ingresso	P1	195x325	Metallo senza taglio termico	Vetro singolo	4,95	Scarso

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 prevalentemente da un impianto ad acqua, alimentato da una caldaia a basamento, la quale serve anche l'impianto di riscaldamento dell'adiacente Municipio III della Bassa Val Bisagno.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa con valvole on/off.

I radiatori in ghisa sono installati in tutte le aule dell’edificio, i servizi e i corridoi, prevalentemente lungo le pareti esterne dell’edificio.

Figura 4.8 - Particolare di un radiatore in ghisa



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
ZT-01 Scuola	Radiatori in ghisa	91,7%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatori in ghisa	9	1,35 ÷ 6,53	22,50	0	0
Ammezzato	Radiatori in ghisa	1	0,76	0,76	0	0
Primo	Radiatori in ghisa	16	1,62 ÷ 2,22	29,25	0	0
TOTALE		26	-	52,51	-	-

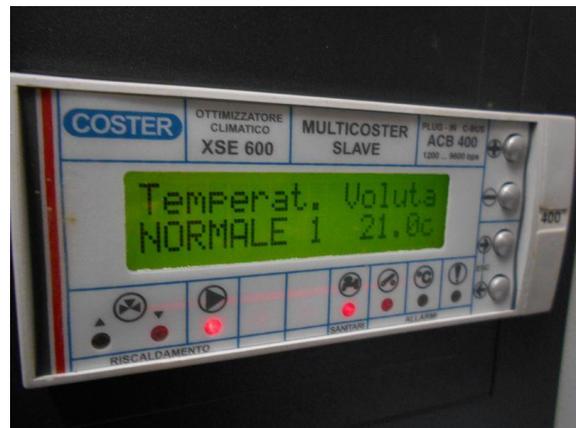
Nota (1): I dati inseriti sono stati presi dalle check list dei componenti dell’impianto di climatizzazione - terminali messi a disposizione da parte della PA; così è stato riportato il range della potenza termica unitaria indicando il valor minimo e massimo e la potenza termica totale dei terminali di emissione

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

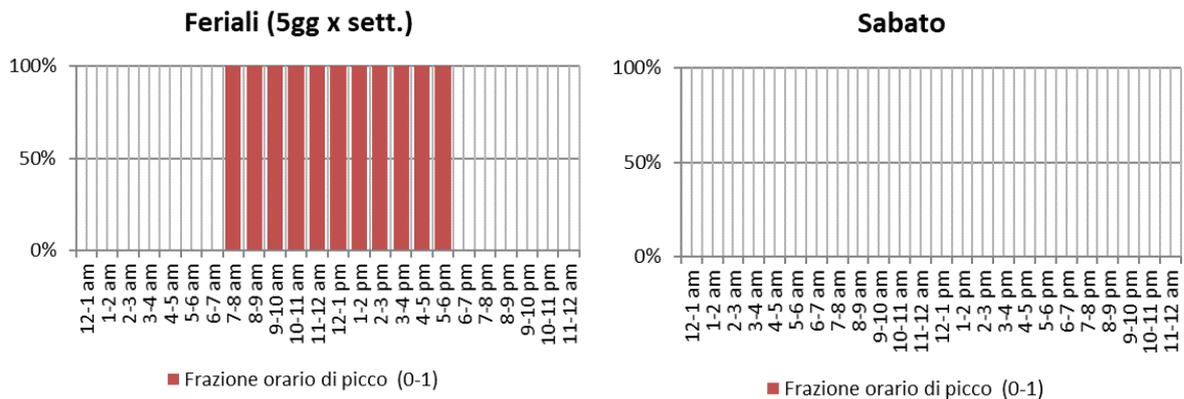
La regolazione del funzionamento delle caldaie in centrale termica avviene mediante telegestione con sonde climatiche esterne ed interne e gli orari di accensione e spegnimento vengono settati in una centralina di controllo. La temperatura di set-point invernale è di 21 °C. I radiatori sono dotati di valvole on-off.

Figura 4.9 - Particolare della centralina di controllo dell'edificio



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti:

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Scuola



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
ZT-01 Scuola	Zona+Climatica	96%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia a basamento e i collettori del caldo;
- 2) Circuito secondario di mandata ai terminali di emissione (fluido termovettore acqua).

1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione per inviare l'acqua calda ai vari circuiti secondari tramite il collettore di mandata.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME		SERVIZIO	PORTATA ⁽⁷⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽¹⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾ [kW]
Circuito primario	Grundfos	Mandata acqua calda a collettore	-	58	0,194
TOTALE			-	58	0,194

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): non è stato possibile determinare il dato della portata né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

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 ⁽²⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾ °C
Circuito Primario	Mandata	Caldo	60	60
	Ritorno	Caldo	50	50

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (2): Valori rilevati il giorno 16/03/2016 alle ore 10.00, in orario di apertura del museo, con una temperatura esterna di circa 9°C

2) **Circuito secondario:** sono presenti due pompe di circolazione gemellari per i terminali di emissione della zona termica scuola. Altre due pompe gemellari sono a servizio del municipio adiacente la centrale termica, escluso dalla presente DE.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME		SERVIZIO	PORTATA ⁽²⁾ m ³ /h	PREVALENZA ⁽¹⁾ kPa	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾ kW
Circuito secondario	Grundfos	mandata acqua calda a radiatori	-	78	0,276
Circuito secondario	Grundfos	mandata acqua calda a radiatori	-	78	0,276
TOTALE			-	156	0,552

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): non è stato possibile determinare il dato della portata né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

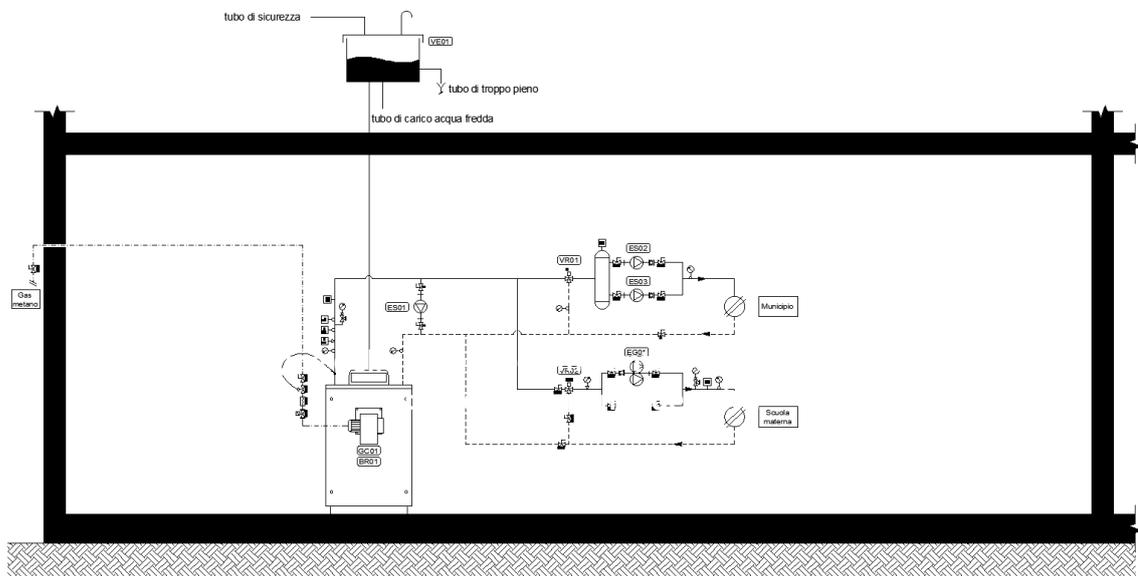
CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽²⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾
			°C	°C
ZT-01	Mandata	Caldo	Non disponibile	60
	Ritorno	Caldo	Non disponibile	50

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (2): Non è disponibile la temperatura di mandata e di ritorno dei circuiti in quanto non è stato possibile rilevarle in fase di rilievo

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare un leggero divario tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo. Tale differenza può essere dovuta ad un utilizzo inferiore rispetto ad un funzionamento a massimo carico.

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: 172-P00-AE-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 98,72%.

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 centrale termica dotata di una caldaia standard a basamento, marca Ecoflam modello Ecomax, risalente al 1994. La stessa caldaia serve l'impianto di riscaldamento dell'adiacente edificio, cioè il Municipio III della Bassa Val Bisagno.

Figura 4.12 - Particolare della caldaia



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

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche del sistema di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾	RENDIMENTO ⁽²⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹⁾
					[kW]	[kW]		[kW]
Gen 1	Riscaldamento	Ecoflam	Ecomax	1994	465	423	89%	1,3

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 92%. Non si hanno a disposizione i risultati delle prove fumi, quindi non è possibile confrontare il rendimento indicato con i dati delle prove fumi perché in fase di rilievo non sono state fornite tali informazioni in quanto assenti.

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 e 8 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

L'acqua calda sanitaria è prodotta tramite 2 bollitori elettrici ad accumulo, di cui uno (50 litri) per i servizi igienici del piano terra e uno (30 litri) per i servizi igienici del piano ammezzato. Entrambi hanno una potenza elettrica pari a 1200 W. Un ulteriore boiler elettrico era utilizzato nella cucina al piano terra.

Figura 4.13 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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

Sottosistema di Erogazione ⁽¹⁾	Sottosistema di Distribuzione ⁽¹⁾	Sottosistema di Ricircolo ⁽¹⁾	Sottosistema di Accumulo ⁽¹⁾	Sottosistema di Generazione ⁽¹⁾	Rendimento Globale medio stagionale ⁽¹⁾
100%	92,6%	-	-	75%	70%

Nota (1): Valori ricavati da modello energetico

Nota (2): Dato mancante in quanto assente tale sottosistema

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

L'edificio non è dotato di un impianto di climatizzazione estiva.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

L'edificio non è dotato di un impianto di ventilazione meccanica, ma sfrutta la ventilazione naturale, data dalla periodica apertura e chiusura degli infissi da parte del personale scolastico.

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 PC, stampanti ed altri dispositivi in uso del personale. Sono

state valutate le ore di utilizzo in base ai giorni di occupazione dell’edificio e il numero di ore giornaliere in cui mediamente vengono usate queste utenze.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[kW]	[ore]
Ingresso	PC+Monitor	1	150	0,15	908
Ingresso	Fotocopiatrice	1	1100	1,1	227
Cucina	Frigorifero	1	500	0,5	0
Cucina	Forno	2	2000	4	0
Cucina	Cappa	1	100	0,1	0
Aule PP	Scaldavivande	1	2000	2	454
Aule PP	Microonde	1	1100	1,1	227

L’elenco delle 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 principalmente da lampade fluorescenti lineari da 58W a soffitto o a sospensione, sia nelle aule, che nei corridoi e nei servizi. L’accensione e spegnimento dell’impianto illuminotecnico è gestita manualmente.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule scolastiche

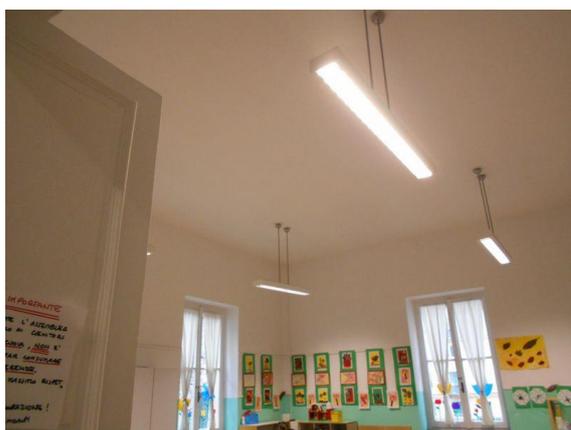


Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoio



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

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[kW]
Corridoio - PT	Tubi fluorescenti 2x58W	6	116	0,696
Locali - PT	Tubi fluorescenti 2x58W	4	116	0,464
Locali - PT	Tubi fluorescenti 1x58W	6	58	0,348
Servizi igienici - PT	Tubi fluorescenti 1x58W	3	58	0,174

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[kW]
Corridoio - PA	Tubi fluorescenti 1x58W	5	58	0,290
Servizi igienici - PA	Tubi fluorescenti 1x58W	3	58	0,174
Aule - PP	Tubi fluorescenti 1x58W	18	58	1,044
Aule - PP	Tubi fluorescenti 2x58W	1	116	0,116

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

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

L'edificio non è dotato di un impianto a fonte rinnovabile o di tipo cogenerativo per la produzione di energia elettrica e/o termica.

5 CONSUMI RILEVATI

5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA

L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento al triennio 2014, 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Gasolio;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano a partire da Novembre 2014; durante il periodo estivo del 2014 è avvenuto un processo di metanizzazione che ha permesso all'edificio di passare dall'utilizzo del gasolio, avvenuto fino ad Aprile 2014, a quello di metano.

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola dell'Infanzia e del Municipio adiacente;
- Uso cottura a servizio della mensa scolastica.

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

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 metano e i litri di gasolio forniti dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

Combustibile: Gas metano

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
03270050356382	Riscaldamento Scuola+Municipio	9.707	17.469	25.020	91.439	164.555	235.688
03270031589588	Riscaldamento + uso cottura cibi	997	414	115	9.392	3.897	1.080

Combustibile: Gasolio

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[litri]	[litri]	[litri]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
03270050356382	Riscaldamento Scuola+Municipio	13.455	-	-	133.359	-	-

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento, ma il PDR 03270050356382 è gestito tramite contratto SI3, quindi non si hanno a disposizione le fatture; perciò sono stati ricostruiti i consumi mensili parametrizzando i consumi annuali forniti dalla società di distribuzione sulla base dei GG nei giorni di utilizzo per ogni mese nel periodo di riscaldamento.

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

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

PDR1: 03270050356382	2014	2015 ⁽¹⁾	2016 ⁽¹⁾	2014	2015	2016
	[litri] fino ad Aprile [Sm ³] da Novembre	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.979	4.441	5.932	50.231	41.833	55.877
Febbraio	4.181	3.986	5.038	42.187	37.548	47.460
Marzo	3.368	2.956	4.373	33.980	27.846	41.192
Aprile	927	1.177	875	9.357	11.088	8.238
Maggio	0	0	0	0	0	0
Giugno	0	0	0	0	0	0
Luglio	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Settembre	0	0	0	0	0	0
Ottobre	0	0	0	0	0	0
Novembre	3.813	2.127	3.517	35.917	20.034	33.132
Dicembre	5.894	2.782	5.285	55.523	26.208	49.788
Totale	-	17.469	25.020	227.195	164.558	235.688

PDR2: 03270031589588	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	n.d.	31	4	n.d.	288	42
Febbraio	n.d.	38	6	n.d.	356	52

Marzo	n.d.	36	5	n.d.	339	50
Aprile	n.d.	5	4	n.d.	50	38
Maggio	n.d.	6	11	n.d.	55	104
Giugno	n.d.	5	10	n.d.	50	94
Luglio	n.d.	6	9	n.d.	52	85
Agosto	n.d.	5	9	n.d.	45	85
Settembre	n.d.	6	10	n.d.	55	94
Ottobre	n.d.	6	5	n.d.	52	47
Novembre	n.d.	6	6	n.d.	52	57
Dicembre	n.d.	5	6	n.d.	50	57
Totale	-	153	85	-	1.442	803

Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio per il primo PDR è caratterizzato da un valore minimo pari a 164.555 kWh nel 2015, e un valore di massimo prelievo pari a 235.688 kWh nel 2016. I consumi annui hanno subito un aumento dal 2015 al 2016 del 43% nonostante i gradi giorni invernali in questi due anni siano rimasti stabili. Ciò è probabilmente dovuto all’interruzione delle attività a causa dell’alluvione dell’Ottobre 2014 e alla conseguente riduzione dei consumi termici nella prima metà del 2015.

Si può notare come anche per il secondo PDR il profilo di consumo sia irregolare, in quanto il servizio mensa della Scuola risulta in disuso dall’Ottobre 2014 a causa dei danni subiti. I consumi registrati possono essere attribuiti ad un uso sporadico delle attrezzature.

Poiché il PDR 03270050356382 si riferisce alla centrale termica a servizio sia della Scuola che del Municipio adiacente, si è proceduto a scomporre i consumi termici forniti dalla società di distribuzione tra i due edifici in base ai rispettivi volumi riscaldati. In particolare il volume riscaldato del Municipio III Bassa Val Bisagno risulta essere di circa 6.300 m³, quasi il doppio rispetto ai 3.161 m³ della Scuola Comunale d’Infanzia San Fruttuoso. Considerando lo stesso rapporto tra i consumi termici dei due edifici, si ipotizza che i consumi attribuibili alla Scuola siano il 30% rispetto a quelli esposti in precedenza. Nella tabella seguente si espongono i consumi mensili ricostruiti per la sola Scuola.

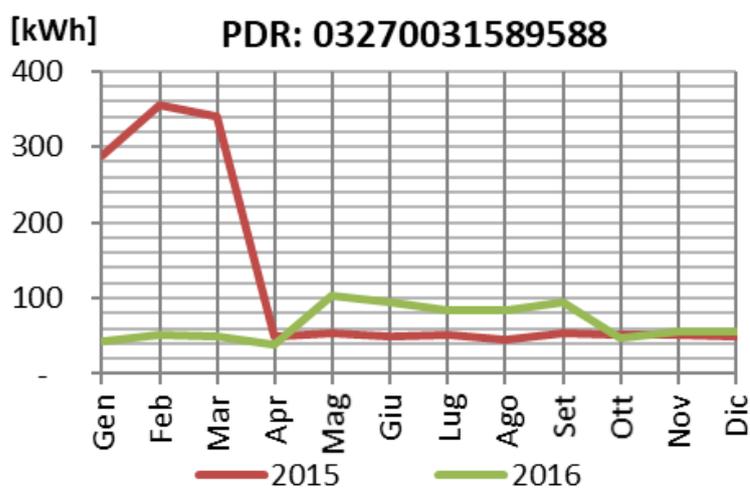
Tabella 5.4 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati ricostruiti per la sola Scuola Comunale d’Infanzia San Fruttuoso

Mese di riferimento	PDR1: 03270050356382			PDR2: 03270050356382		
	2014 [litri] fino ad Aprile [Sm ³] da Novembre	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
Gennaio	1.494	1.332	1.780	15.074	12.550	16.763
Febbraio	1.254	1.196	1.511	12.652	11.265	14.238
Marzo	1.010	887	1.312	10.190	8.354	12.358
Aprile	0	353	262	0	3.326	2.472
Maggio	0	0	0	0	0	0
Giugno	0	0	0	0	0	0
Luglio	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Settembre	0	0	0	0	0	0
Ottobre	0	0	0	0	0	0

PDR1: 03270050356382	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[litri] fino ad Aprile [Sm ³] da Novembre	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Novembre	1.144	638	1.055	10.775	6.010	9.940
Dicembre	1.768	835	1.586	16.657	7.862	14.936
Totale	-	5.241	7.506	65.347	49.370	70.707

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.

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

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

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

\overline{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l’ACS nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto l’acqua calda sanitaria è prodotta tramite boiler elettrici.

\overline{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. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto non concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

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 solo relativi al biennio 2015-2016 in quanto il 2014 è inutilizzabile per il processo di metanizzazione avvenuto durante l’anno.

Tabella 5.5 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REAL} SU 112 GIORNI	GG ^{RIF} SU 112 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 956 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2015	880	956	5.241	49.367	56,1	53.631	-	-
2016	874	956	7.506	70.707	80,9	77.340	-	-
Media	877	956	6.373	60.037	68,5	65.486	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un aumento dei consumi di circa il 43%, nonostante le temperature esterne medie mensili non abbiano subito variazioni rilevanti.

L’aumento dei consumi per il riscaldamento può essere dovuto al maggior utilizzo dell’edificio.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.6:

Tabella 5.6 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kWh]
\overline{Q}_{ACS}	-
\overline{Q}_{ALTRO}	-
$\overline{a}_{rif} \times GG_{rif}$	65.486
$Q_{baseline}$	65.486

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite un unico punto di consegna a servizio dell’intero edificio.

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

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

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

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.7 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.7 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097223	Scuola “San Fruttoso”	7.865	4.434	5.081	5.793
TOTALE		7.865	4.434	5.081	5.793

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA e sono emerse le differenze per il 2015 e per il 2016 mentre i consumi per il primo anno sono identici per entrambi i POD; nel 2015 sono stati elaborati tramite l’analisi della fatturazione 761 kWh in più del dato fornito dalla PA, mentre per il 2016 la PA ha indicato un consumo di 309 kWh superiore del dato elaborato.

L’individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali, fatturati dalla società di fornitura, per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 5.793 kWh.

I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.8.

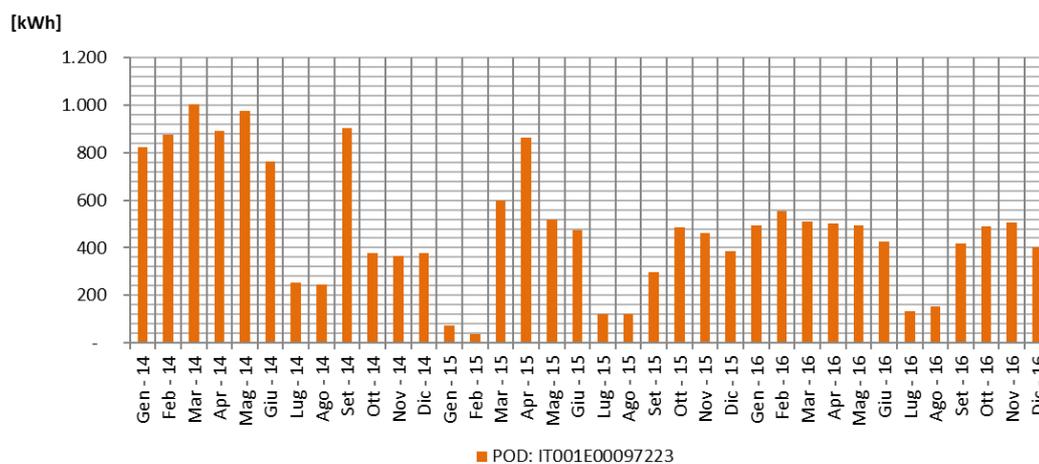
Tabella 5.8 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097223	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	527	157	141	825
Febbraio	594	158	124	876
Marzo	658	196	149	1.003
Aprile	574	162	157	893
Maggio	637	192	147	976
Giugno	491	136	136	763
Luglio	130	47	78	255
Agosto	107	58	82	247
Settembre	579	172	153	904
Ottobre	178	79	121	378
Novembre	173	77	117	367
Dicembre	178	79	121	378
Totale	4.826	1.513	1.526	7.865
POD: IT001E00097223	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	23	17	32	72
Febbraio	16	6	13	35
Marzo	303	125	169	597
Aprile	320	207	337	864
Maggio	322	97	99	518
Giugno	296	89	91	476
Luglio	63	22	35	120
Agosto	62	23	36	121
Settembre	196	47	55	298
Ottobre	366	64	55	485
Novembre	370	48	44	462

POD: IT001E00097223	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Dicembre	297	39	50	386
Totale	2.634	784	1.016	4.434
POD: IT001E00097223	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	381	56	58	495
Febbraio	460	53	43	556
Marzo	415	51	43	509
Aprile	389	60	54	503
Maggio	391	52	50	493
Giugno	306	53	65	424
Luglio	41	32	58	131
Agosto	53	35	64	152
Settembre	331	49	37	417
Ottobre	380	53	58	491
Novembre	421	45	42	508
Dicembre	320	35	47	402
Totale	3.888	574	619	5.081

Si riporta nella Figura 5.2 il profilo elettrico reale relativo al triennio di riferimento.

Figura 5.2 – Profilo elettrico reale relativo al triennio di riferimento



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

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.9.

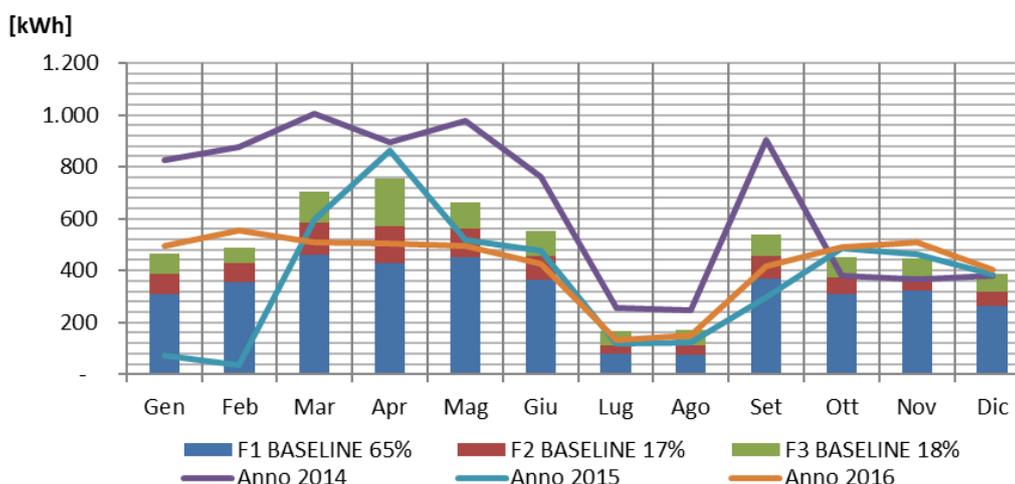
Tabella 5.9 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	310	77	77	464
Febbraio	357	72	60	489
Marzo	459	124	120	703
Aprile	428	143	183	753
Maggio	450	114	99	662
Giugno	364	93	97	554

Luglio	78	34	57	169
Agosto	74	39	61	173
Settembre	369	89	82	540
Ottobre	308	65	78	451
Novembre	321	57	68	446
Dicembre	265	51	73	389
Totale	3.783	957	1.054	5.793

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

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



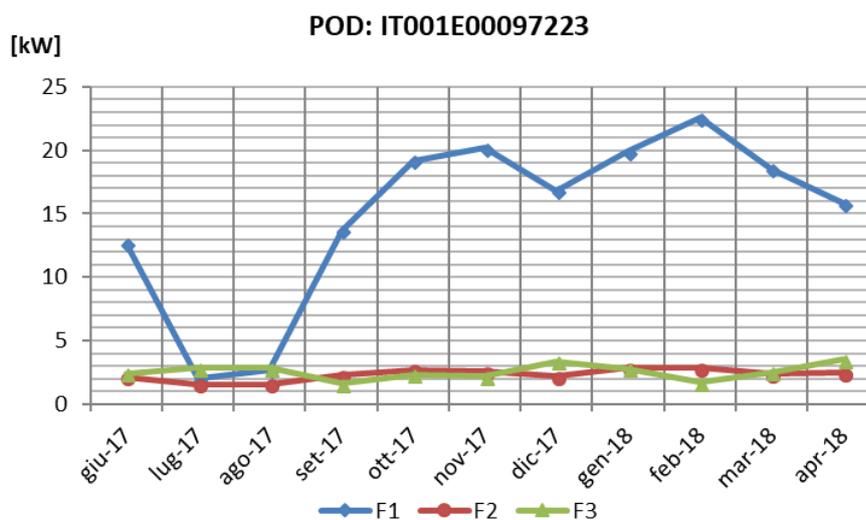
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti sinusoidali, per il maggior utilizzo da Settembre a Giugno compresi rispetto ai mesi estivi, con il picco di utilizzo tra Marzo e Aprile. Si può notare come i consumi di baseline dei mesi di Gennaio e Febbraio siano relativamente bassi, a causa dell'andamento anomalo dei consumi elettrici tra Ottobre 2014 e Febbraio 2015 in conseguenza ai danni subiti dall'alluvione del torrente Bisagno nell'Ottobre 2014. Nel mese di Agosto è stato rilevato un consumo visto l'utilizzo dell'edificio per attività estive.

È stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri medi dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, la quale rende disponibili le letture dei prelievi di energia elettrica nell'ultimo giorno del mese suddivise per fascia.

Si è pertanto analizzato il profilo giornaliero medio di ogni mese sulla base dei giorni di utilizzo, ad eccezione del mese di Maggio perché al momento di realizzazione della diagnosi sono risultate disponibili le letture dal 31 Maggio 2017 al 30 Aprile 2018.

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

Figura 5.4 – Profilo giornaliero medio dei consumi elettrici per il POD IT001E00097223



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento variabile dei consumi solo per la fascia F1 con una diminuzione netta dei consumi giornalieri nei mesi estivi e un picco di utilizzo nel mese di Febbraio; mentre i consumi in fascia F2 e F3 risultano pressochè costanti.

Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche di utilizzo dell'edificio e delle utenze rilevate in sede di sopralluogo.

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.

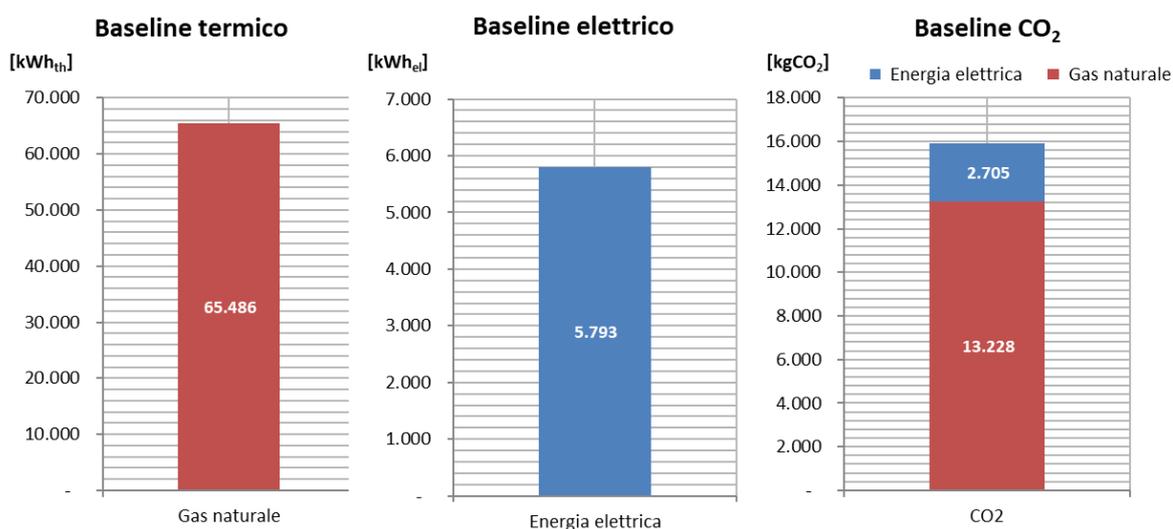
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE tCO ₂ /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

* 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	5.793	* 0,467	2,71
Gas naturale	6.638	* 0,202	13,23

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline delle emissioni di CO₂.

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

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

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

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

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	584,60	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	673,70	m ²
FATTORE 3	Volume lordo riscaldato	3.161,40	m ³

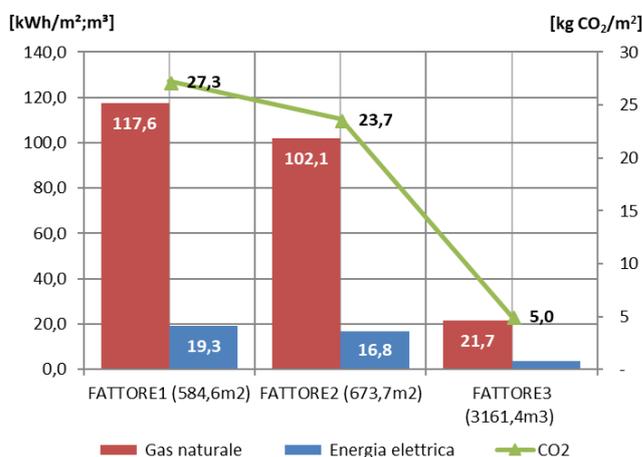
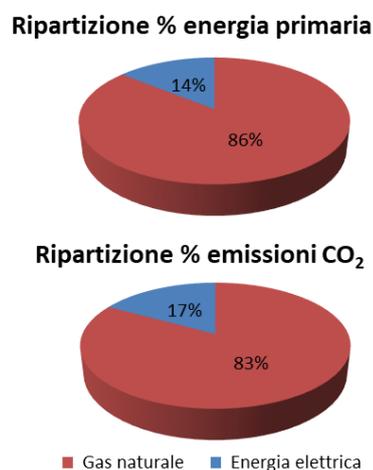
Nella Tabella 5.14 e nella tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	5.793	2,42	14.020	23,98	20,81	4,43	4,63	4,02	0,86
Gas naturale	65.486	1,05	68.760	117,6	102,1	21,7	22,63	19,64	4,18
TOTALE	71.279		82.780	141,60	122,87	26,18	27,26	23,65	5,04

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	5.793	1,95	11.297	19,32	16,77	3,57	4,63	4,02	0,86
Gas naturale	65.486	1,05	68.760	117,6	102,1	21,7	22,63	19,64	4,18
TOTALE	71.279		80.057	137	119	25	27	24	5

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

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

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

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

- Volume riscaldato (V_{risc}).

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	22,56	17,57	25,33	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	10,51	5,92	6,79

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

Wh_t / m³ x GG x anno

	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Secondarie Sup.	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

kWh_e / m² x anno

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

L'analisi del confronto con le linee guida ENEA – FIRE è riportato nell'Allegato M – Report di Benchmark.

Dal confronto con le linee guida ENEA - FIRE si deduce che la classe di merito dei consumi specifici per il riscaldamento risulta sufficiente per il 2014, buona per il 2015 e insufficiente per il 2016; si fa presente che i consumi della stagione invernale 2014-2015 possono essere stati consizionati dai danni provocati dall'alluvione dell'Ottobre 2014, perciò si considera la classe di merito del 2016 come quella più veritiera. Per quanto riguarda il consumo specifico per l'energia elettrica, esso risulta buono per tutto il triennio.

Da questa analisi emerge che i consumi di metano sono elevati o comunque non sufficientemente monitorati in rapporto all'utenza della scuola.

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 e UNI-TS 11300-4:2016.

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	212,9	201,0
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	154,4	153,9
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	23,6	19,0
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	34,9	28,1
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	41,0	41,0

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	84.450	88.673
Energia Elettrica	14.779	28.819

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

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

Dove:

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

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

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

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

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 informazioni avute a disposizione sull’utilizzo dell’edificio e sui sistemi di produzione dell’energia termica ed elettrica presenti al suo interno e i dati rilevati durante il sopralluogo.

Nella Tabella 6.6 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	143,7	139,0
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	121,6	121,2
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	5,5	4,4
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,0	0,0

Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	16,6	13,4
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,0	0,0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	29,8	29,8

Nota (1): Gli indicatori EP_L e EP_T riguardano solo una parte dei consumi elettrici complessivi dell’edificio, i quali sono dati anche dall’energia elettrica usata per il servizio di riscaldamento, per la produzione di acqua calda sanitaria e per il funzionamento delle altre utenze elettriche installate.

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

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

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	7.060	66.503
Energia Elettrica	-	6.060

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} [kWh/anno]	Q _{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
66.503	65.486	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.

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

EE _{teorico} [kWh/anno]	EE _{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
6.060	5.793	4,4%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

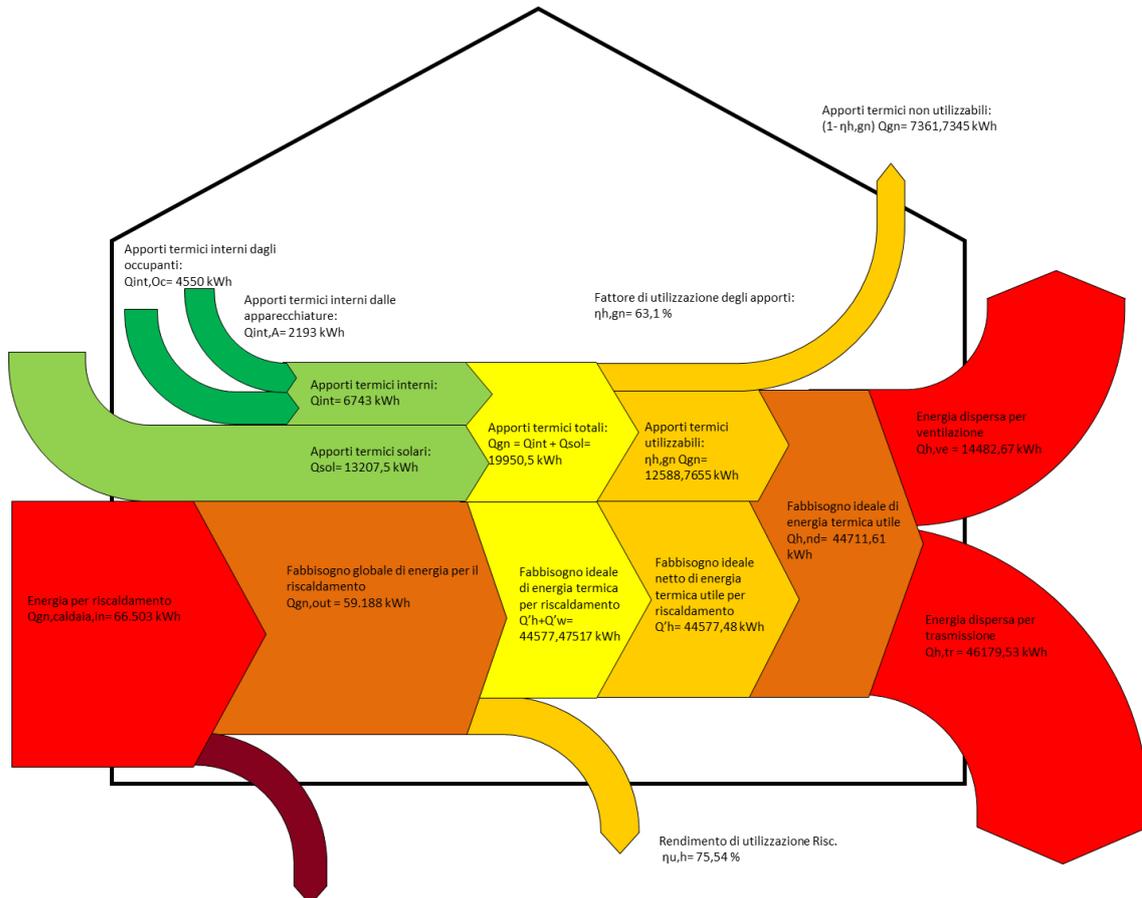
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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 valori rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate e/o climatizzate.

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

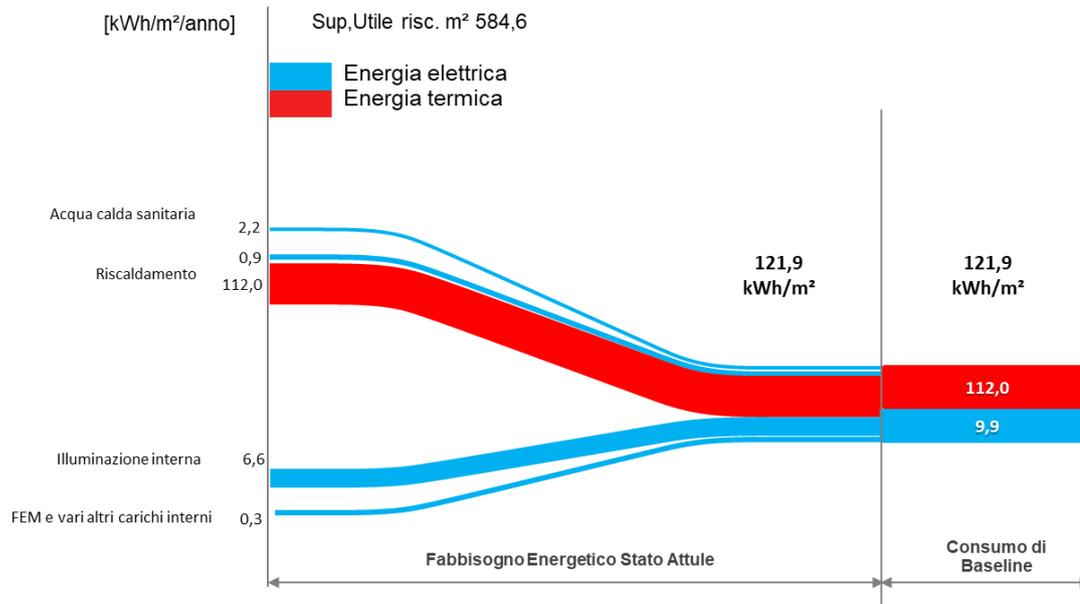
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



L’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio riguarda solo il riscaldamento ed è possibile notare che l’edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 63% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è pari a 75%.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio



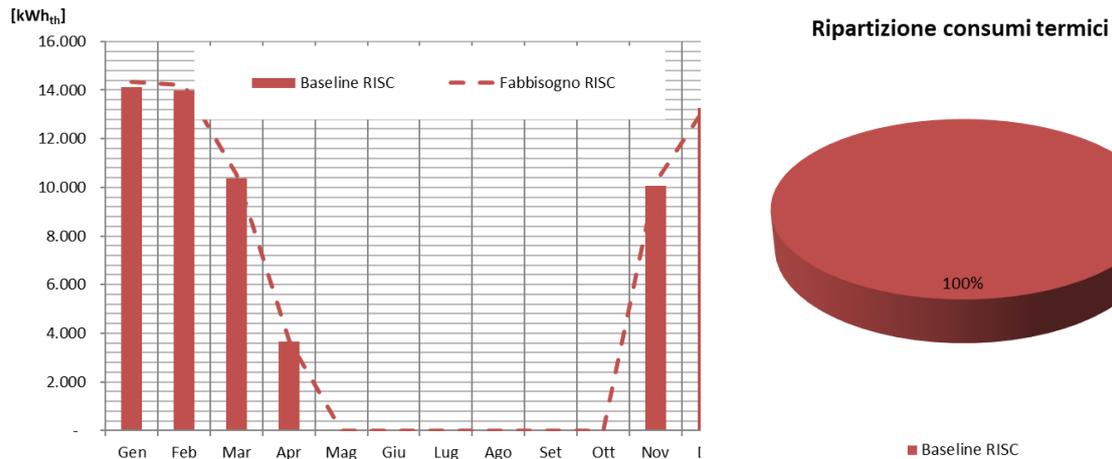
I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all'interno dell'edificio oggetto della DE. Tale profilo può essere confrontato con il profilo mensile 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 tutti i consumi termici siano da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali.

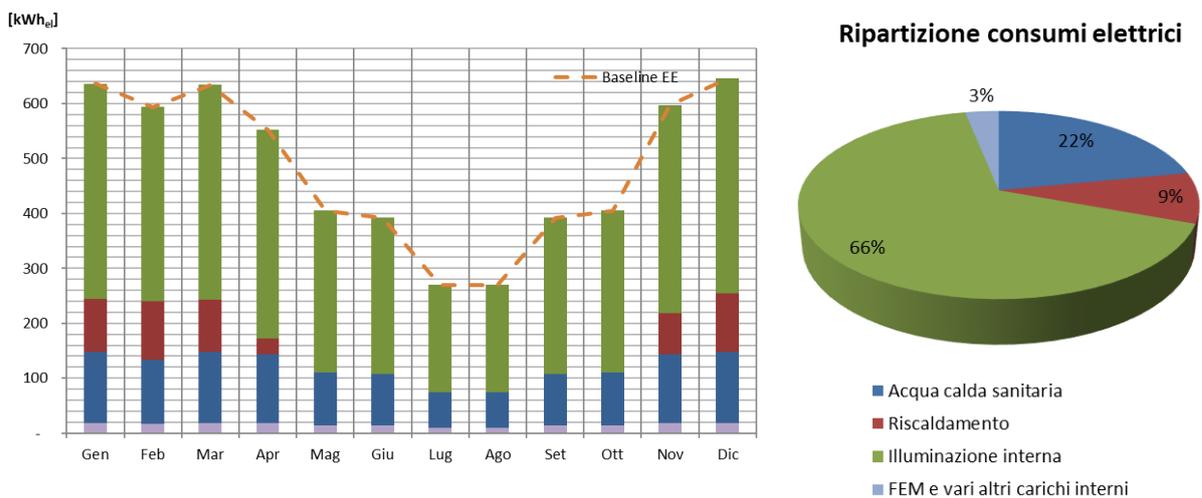
Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andranno a migliorare anche i componenti per la climatizzazione invernale dell'edificio.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo per l'illuminazione dei locali e alla produzione di acqua calda sanitaria per i bambini.

Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andrà a migliorare l'impianto di illuminazione o a ridurre i consumi elettrici installando un impianto fotovoltaico.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270050356382: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;
- PDR 2 – 03270031589588: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È 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 termico per il triennio di riferimento

PDR: 03270031589588	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Piazza Alessandro Manzoni 2, 16142 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Non disponibile	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura : fino a Marzo 2015: (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016: (3)	Non disponibile	(1): Iren Mercato spa (2): Eni spa	(2): Eni spa (3): Energetic spa
Inizio periodo fornitura	Non disponibile	(1): 03/11/2000 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/04/2016
Fine periodo fornitura	Non disponibile	(1): 31/03/2015	(2): 31/03/2016
Classe del contatore	Non disponibile	(1): G010 (2): G0010	(2): G0010 (3): G10
Tipologia di contratto	Non disponibile	(1): Punto di riconsegna per servizio pubblico (2): utenze con attività di servizio pubblico	(2): utenze con attività di servizio pubblico (3): punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	Non disponibile	1	1
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	Non disponibile	(1): 38,19 MJ/Sm ³ (2): 38,19 MJ/Sm ³	(2): 38,19 MJ/Sm ³ (3): 39,17 MJ/Sm ³
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	Non disponibile	(1): 0,46 €/Sm ³ (2): 0,33 €/Sm ³	(2): 0,29 €/Sm ³ (3): 0,21 €/Sm ³

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

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

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

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

PDR: 03270031589588	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	13	23	2	2	7	47	288	0,164
Feb - 15	16	21	3	2	7	49	356	0,137
Mar - 15	15	23	2	2	7	51	339	0,149
Apr - 15	1	24	0	0	5	31	50	0,631
Mag - 15	2	24	0	0	5	32	55	0,578
Giu - 15	1	24	0	0	5	31	50	0,631
Lug - 15	1	22	1	1	6	31	52	0,589
Ago - 15	1	23	1	1	6	31	45	0,701
Set - 15	2	24	1	1	6	33	55	0,610
Ott - 15	1	25	1	1	6	34	52	0,659
Nov - 15	1	26	1	1	6	36	52	0,683
Dic - 15	1	27	1	1	7	37	50	0,738
Totale	57	286	12	14	74	443	1.442	0,307
PDR: 03270031589588	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	1	28	0	0	6	36	42	0,844
Feb - 16	1	29	1	1	7	39	52	0,749
Mar - 16	1	30	1	1	7	40	50	0,806
Apr - 16	1	27	1	1	6	35	38	0,933
Mag - 16	2	27	2	2	7	39	104	0,380
Giu - 16	2	27	1	2	6	39	94	0,411
Lug - 16	2	27	1	2	6	38	85	0,452
Ago - 16	2	27	1	2	6	38	85	0,451
Set - 16	2	27	1	2	6	39	94	0,413
Ott - 16	1	27	1	1	6	36	47	0,756
Nov - 16	1	27	1	1	6	36	57	0,640
Dic - 16	1	27	1	1	6	36	57	0,640
Totale	18	328	12	16	77	451	803	0,562

Per il 2014 è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall' Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

Anche per la fornitura di gas metano gestita tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall' Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento.

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

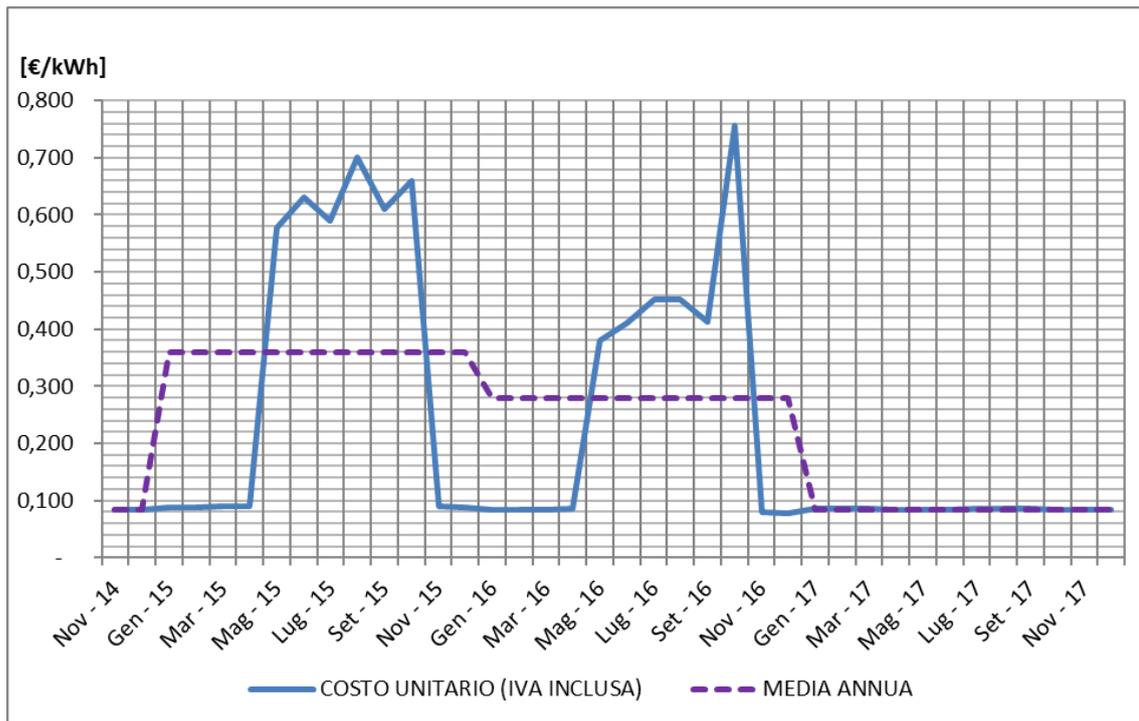
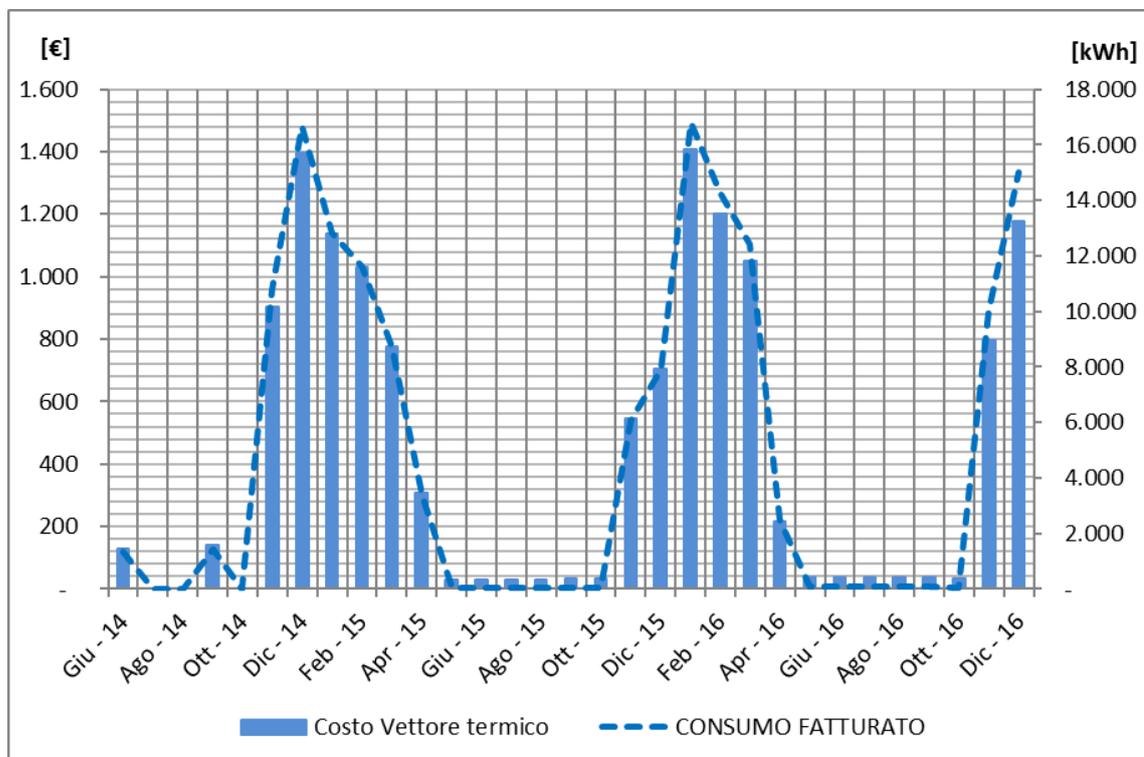


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Il grafico mostra come l’andamento dei costi rispecchi l’andamento del consumo fatturato; si fa notare che ciò è dovuto al fatto che la maggior parte del consumo del vettore termico è legata al PDR gestito tramite contratto SIE3, perciò il costo mensile è stato calcolato proporzionalmente al consumo mensile ipotizzato.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto per un POD presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E02660316: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00097223	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Piazza Alessandro Manzoni 2, Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura: fino a Marzo 2015 (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016 (3)	Edison Energia spa	(1): Edison Energia spa (2): Gala spa	(2): Gala spa (3): Iren Mercato spa
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	(1): 01/01/2014 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	(1): 31/03/2015 (2): 31/03/2016	(2): 31/03/2016
Potenza elettrica impegnata	10 kW	10 kW	10 kW
Potenza elettrica disponibile	11 kW	11 kW	11 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	(2): Forniture in BT (escluso IP) (3): CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	N.d.	N.d.	N.d.
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,074	(1): 0,074 €/kWh (2): 0,061 €/kWh	(2): 0,049 €/kWh (3): 0,052 €/kWh

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

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

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

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

POD: IT001E00097223	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	57,91	9,73	103,87	10,31	18,18	200,00	825	0,24
Feb – 14	61,41	11,36	107,72	10,95	19,14	210,58	876	0,24
Mar – 14	70,31	12,96	117,28	12,54	21,31	234,40	1.003	0,23
Apr – 14	62,59	15,99	111,06	11,16	20,08	220,88	893	0,25
Mag – 14	68,16	16,49	117,52	12,20	21,44	235,81	976	0,24
Giu – 14	53,07	13,13	112,30	9,54	18,80	206,84	763	0,27
Lug – 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	83,05	255	0,33
Ago – 14	17,19	4,01	61,11	3,09	8,54	93,94	247	0,38
Set – 14	62,61	14,44	112,52	11,30	20,09	220,96	904	0,24
Ott – 14	26,01	5,56	63,91	4,73	10,02	110,23	378	0,29
Nov – 14	24,94	5,81	71,42	4,59	10,68	117,44	367	0,32
Dic – 14	25,08	5,56	72,30	4,73	10,77	118,44	378	0,31

Totale	529,28	115,04	1.051,01	95,14	179,05	2.052,57	7.865	0,26
POD: IT001E00097223	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	4,55	0,95	48,75	0,90	5,52	60,67	72	0,84
Feb – 15	2,13	0,48	45,67	0,44	4,87	53,59	35	1,53
Mar – 15	57,85	13,24	125,84	12,54	20,95	230,42	597	0,39
Apr – 15	7,07	1,89	55,81	1,90	6,67	73,34	864	0,08
Mag – 15	6,95	1,97	56,22	1,96	6,71	73,81	518	0,14
Giu – 15	6,49	1,90	55,81	1,90	6,61	72,71	476	0,15
Lug – 15	6,39	1,73	56,89	1,96	6,70	73,67	120	0,61
Ago – 15	6,11	1,74	56,89	1,96	6,67	73,37	121	0,61
Set – 15	9,52	2,89	65,96	3,29	8,17	89,83	298	0,30
Ott – 15	16,54	4,32	87,14	6,06	11,41	125,47	485	0,26
Nov – 15	15,74	4,09	85,07	5,78	11,07	121,75	462	0,26
Dic – 15	26,87	3,41	78,32	4,83	11,34	124,77	386	0,32
Totale	166,21	38,61	818,37	43,52	106,68	1.173,39	4.434	0,26
POD: IT001E00097223	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	29,53	5,66	83,06	6,19	12,44	136,88	495	0,28
Feb – 16	25,22	6,32	88,13	6,95	12,66	139,28	556	0,25
Mar – 16	21,02	5,78	84,23	6,36	11,74	129,13	509	0,25
Apr – 16	18,17	8,36	83,78	6,29	11,66	128,26	503	0,25
Mag – 16	19,71	8,21	82,95	6,16	11,70	128,74	493	0,26
Giu – 16	18,37	7,08	77,20	5,30	10,80	118,75	424	0,28
Lug – 16	6,25	2,82	52,74	1,64	6,35	69,80	131	0,53
Ago – 16	6,28	3,28	54,49	1,90	6,60	72,55	152	0,48
Set – 16	21,69	8,98	76,57	5,21	11,25	123,70	417	0,30
Ott – 16	31,99	7,84	83,12	6,14	12,91	142,00	491	0,29
Nov – 16	37,96	8,34	84,55	6,35	13,72	150,92	508	0,30
Dic – 16	28,25	6,51	75,63	5,03	11,54	126,96	402	0,32
Totale	264,44	79,18	926,45	63,52	133,36	1.466,95	5.081	0,29

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

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

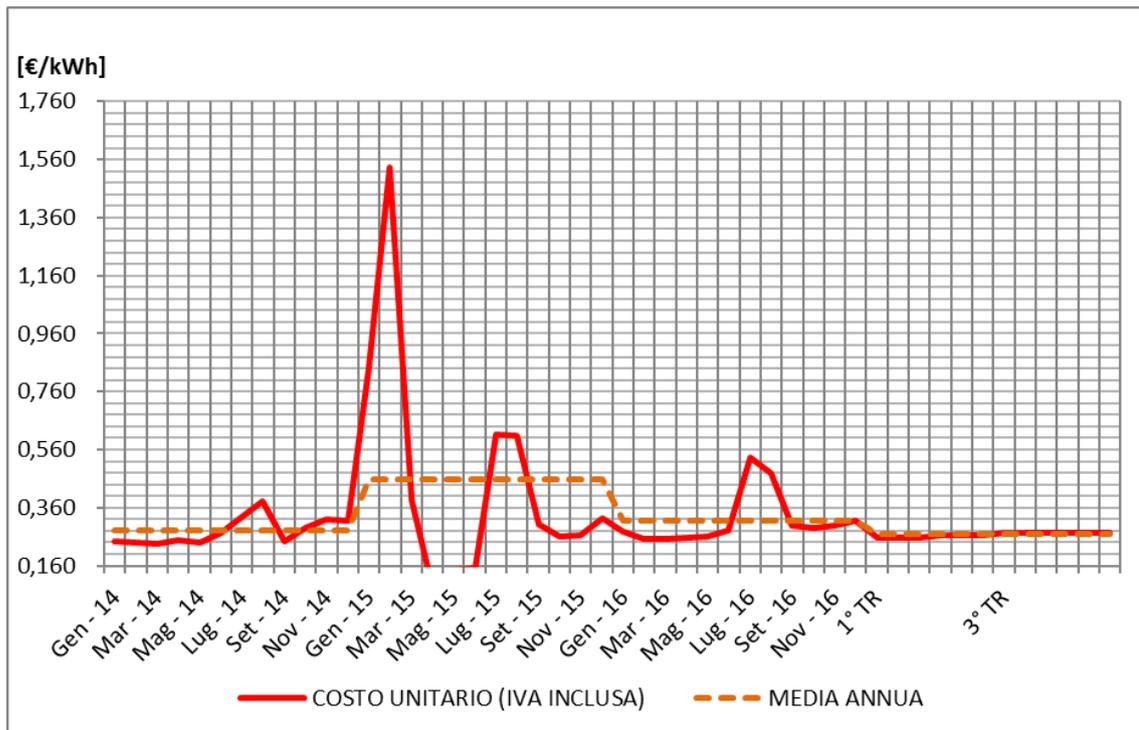
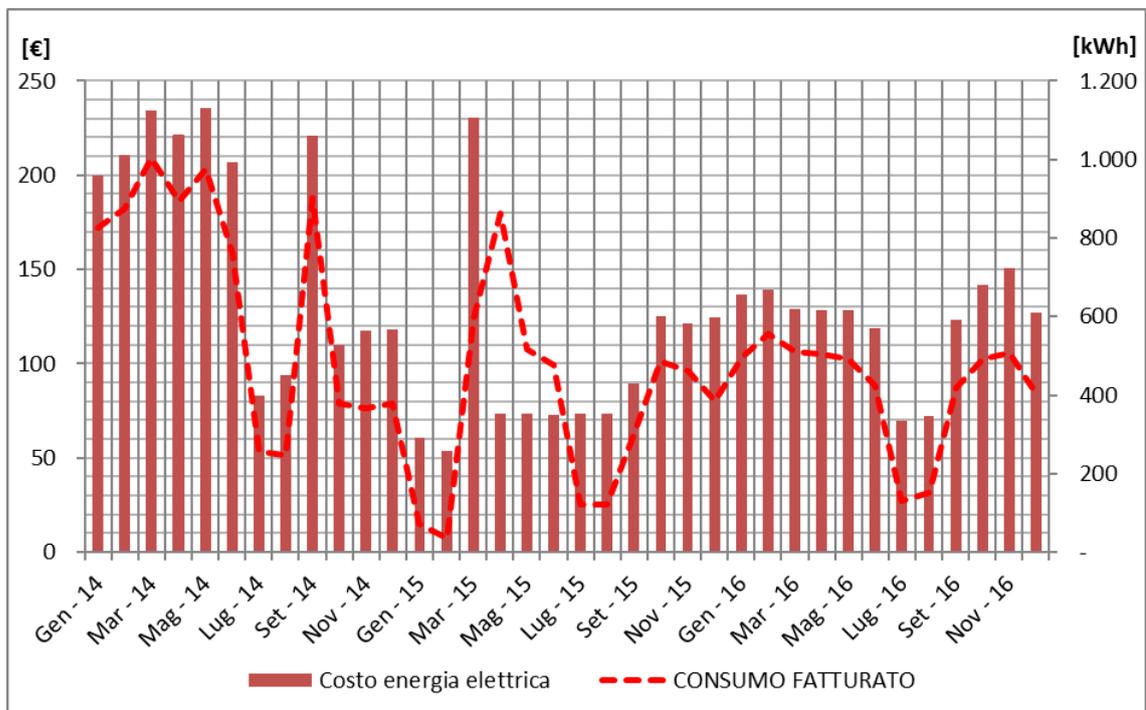


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta ancora una volta evidente l’anomalia registrata dopo l’alluvione dell’Ottobre 2014, con il calo dei consumi fatturati e il picco del costo unitario dell’energia elettrica. Nell’anno 2016, invece, l’andamento dei consumi è risultato più regolare e il costo unitario ha subito meno variazioni.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	7.865	1.970	0,250	-
2015	50.810	4.471	0,088	4.434	1.173	0,265	5.644
2016	71.510	5.864	0,082	5.081	1.467	0,289	7.331
Media	61.160	5.168	0,085	4.758	1.320	0,277	6.488

Nota (1) Nella spesa totale media del triennio è esclusa la spesa relativa al vettore termico del 2014 per il processo di metanizzazione avvenuto durante l'anno

Nota (2) I valori di consumo e costo del vettore termico si riferiscono alla sola parte attribuita alla Scuola, escludendo il Municipio adiacente.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,085 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,266 [€/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:

- L1-042-172: 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.

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	3.244 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	862 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

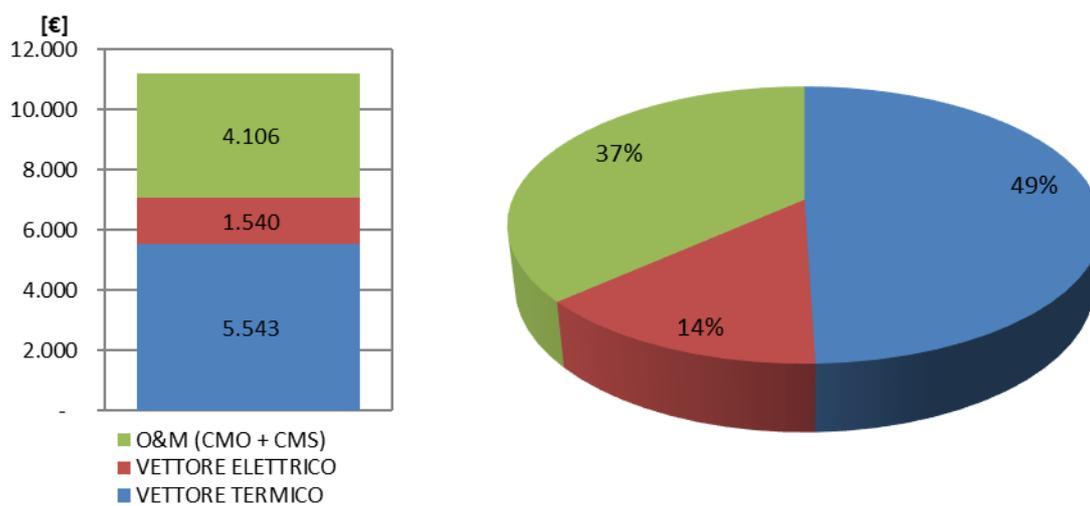
Ne risulta quindi un C_E pari a 7.088 € e un $C_{baseline}$ pari a 11.195 €

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) ⁽¹⁾			TOTALE
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
65.486	0,085	5.543	5.793	0,266	1.540	4.106	3.244	862	11.195

Nota (1) I costi relativi alla gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria si riferiscono alla sola Scuola, escludendo il Municipio adiacente. La ripartizione è stata effettuata secondo le stesse ipotesi assunte per la ripartizione dei consumi del vettore termico.

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

Generalità

La misura prevede l'isolamento delle pareti esterne tramite un cappotto interno su tutti i lati dell'edificio. Si propone di agire dall'interno poiché l'edificio potrebbe essere soggetto a vincoli da parte della soprintendenza data l'epoca di costruzione. Limitazioni a tale intervento potrebbero essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

L'applicazione di un "cappotto" alle pareti esterne, porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del comfort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.1 - Pareti esterne facciata



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali è pari a 0,26 W/m²K. Attualmente la muratura in mattoni pieni, di spessore variabile compreso tra 25 cm e 70 cm, ha un valore di trasmittanza medio variabile tra 0,88 e 1,94 W/m²K. L'intervento prevede l'applicazione di pannelli di lana di roccia (EPS, λ=0,037 W/mK) di spessore pari a 12cm. Lo spessore scelto consente al pacchetto murario di raggiungere una trasmittanza medio di 0,22 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

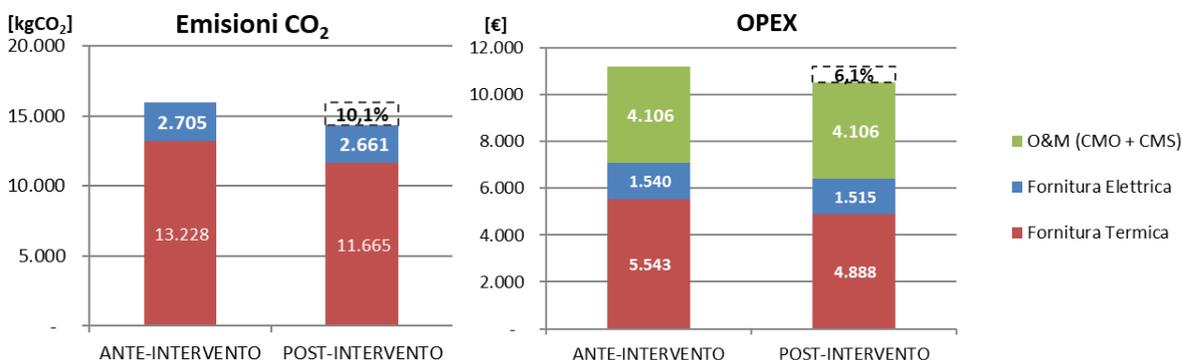
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [trasmittanza parete]	W/m ² K	0,9	0,22	75,6%
Q _{teorico}	kWh	66.503	58.643	11,8%
EE _{teorico}	kWh	6.060	5.960	1,6%
Q _{baseline}	kWh	65.486	57.746	11,8%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EF _{Baseline}	kWh	5.793	5.698	1,6%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	13.228	11.665	11,8%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	2.705	2.661	1,6%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	15.934	14.326	10,1%
Fornitura Termica, C _Q	€	5.543	4.888	11,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	1.540	1.515	1,6%
Fornitura Energia, C_E	€	7.083	6.403	9,6%
C _{MO}	€	3.244	3.244	0,0%
C _{MS}	€	862	862	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	4.106	4.106	0,0%
OPEX	€	11.190	10.509	6,1%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,266 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

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



EEM2: Isolamento del solaio verso sottotetto

Generalità

La misura prevede l'isolamento del solaio rivolto verso il sottotetto non scaldato. Limitazioni a tale intervento potrebbero essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

L'isolamento delle strutture opache orizzontali porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali è pari a 0,25 W/m²K. Attualmente il solaio in laterocemento ha uno spessore di circa 30 cm con un valore di trasmittanza stimato a ca. 1,41 W/m²K. L'intervento per l'isolamento della copertura piana prevede l'applicazione di pannelli di polistirene espanso sinterizzato (EPS, λ=0,033 W/mK) di spessore pari a 12cm. Lo spessore scelto consente al pacchetto murario di raggiungere una trasmittanza media di 0,23 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

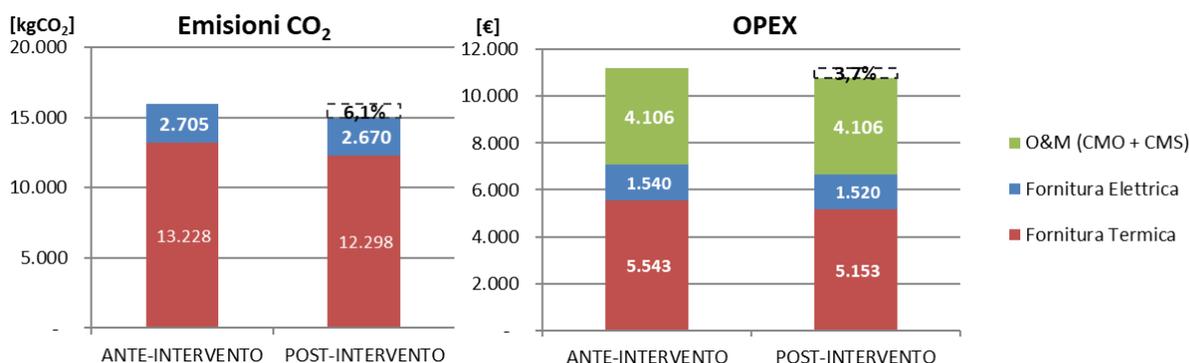
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella tabella 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento sottotetto

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [trasmittanza solaio]	W/m ² K	1,41	0,25	82,3%
Q _{teorico}	kWh	66.503	61.829	7,0%
EE _{teorico}	kWh	6.060	5.981	1,3%
Q _{baseline}	kWh	65.486	60.883	7,0%
EE _{Baseline}	kWh	5.793	5.718	1,3%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	13.228	12.298	7,0%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	2.705	2.670	1,3%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	15.934	14.969	6,1%
Fornitura Termica, C _Q	€	5.543	5.153	7,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	1.540	1.520	1,3%
Fornitura Energia, C_E	€	7.083	6.674	5,8%
C _{MO}	€	3.244	3.244	0,0%
C _{MS}	€	862	862	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	4.106	4.106	0,0%
OPEX	€	11.190	10.780	3,7%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,266 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

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

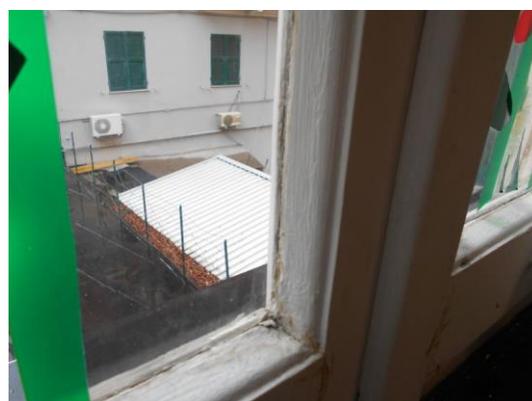
EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi. Limitazioni a tale intervento potrebbero essere il valore storico-artistico delle facciate dell'edificio e l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

La sostituzione degli infissi porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni. Si prevede anche l'installazione delle valvole termostatiche per ottenere gli incentivi previsti dal conto termico.

Figura 8.4 - Particolare di un infisso



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti è pari a 1,67 W/m²K. Attualmente gli infissi hanno telaio in legno e vetro singolo, con una trasmittanza media stimata pari a ca. 4,8 W/m²K. La nuova tipologia di serramento esterno consente di raggiungere una trasmittanza media di 1,4 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

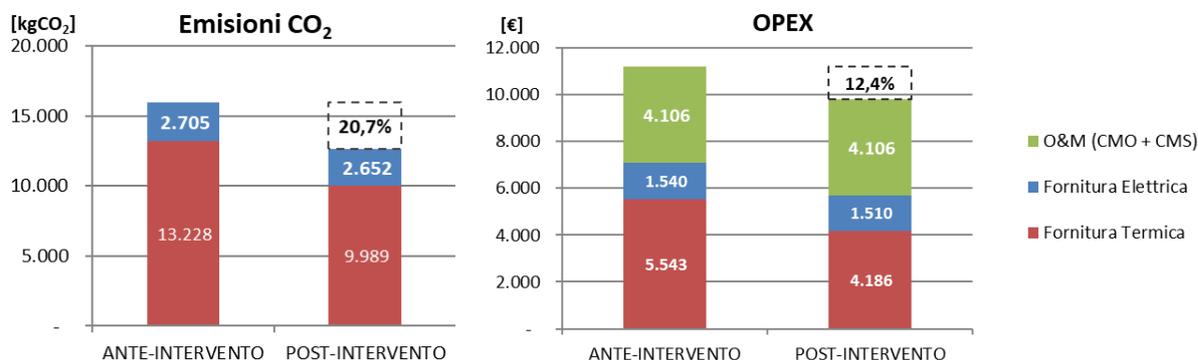
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 Trasmittanza media infissi	W/m ² K	4,8	1,4	70,8%
Q _{teorico}	kWh	66.503	50.220	24,5%
EE _{teorico}	kWh	6.060	5.940	2,0%
Q _{baseline}	kWh	65.486	49.452	24,5%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EF _{Baseline}	kWh	5.793	5.679	2,0%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	13.228	9.989	24,5%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	2.705	2.652	2,0%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	15.934	12.641	20,7%
Fornitura Termica, C _Q	€	5.543	4.186	24,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	1.540	1.510	2,0%
Fornitura Energia, C_E	€	7.083	5.696	19,6%
C _{MO}	€	3.244	3.244	0,0%
C _{MS}	€	862	862	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	4.106	4.106	0,0%
OPEX	€	11.190	9.802	12,4%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,266 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

Figura 8.5 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.1 Impianto di riscaldamento

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei generatori di calore e l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione. Una limitazione a tale intervento è l'interruzione dell'attività scolastica nel periodo da Novembre ad Aprile.

La sostituzione delle caldaie e l'installazione di valvole termostatiche porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Si fa presente che tale intervento porterebbe a un

Figura 8.6 – Centrale termica



risparmio di combustibile anche per il riscaldamento dell'adiacente Municipio III Bassa Val Bisagno, perciò il costo dell'intervento verrà suddiviso tra i due edifici serviti dalla centrale termica in comune.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'impianto di riscaldamento si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Attualmente l'impianto di generazione del calore per il riscaldamento è costituito una caldaia standard a basamento con rendimento ipotizzato pari all'89% mentre l'impianto di regolazione è costituito da una centralina di controllo con dispositivo per la telegestione collegato ad una sonda climatica; il rendimento di regolazione è calcolato pari al 96%. i terminali di emissione nelle aule scolastiche e nei corridoi sono costituiti da radiatori senza valvole termostatiche.

Quindi l'attuale sistema non riesce infatti a sfruttare gli apporti gratuiti e genera una distribuzione non uniforme delle temperature interne, con un surriscaldamento degli ambienti esposti a sud e/o ai piani intermedi. L'installazione di valvole termostatiche consentirà un'ottimizzazione dell'impianto che immetterà il calore solo dove richiesto per il raggiungimento della temperatura di set point, con notevole risparmio in termini di energia, senza trascurare il maggior comfort degli utenti.

La nuova tipologia di impianto termico ha un rendimento termico utile pari al 108%, maggiore del limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere annualmente per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella tabella 8.4.

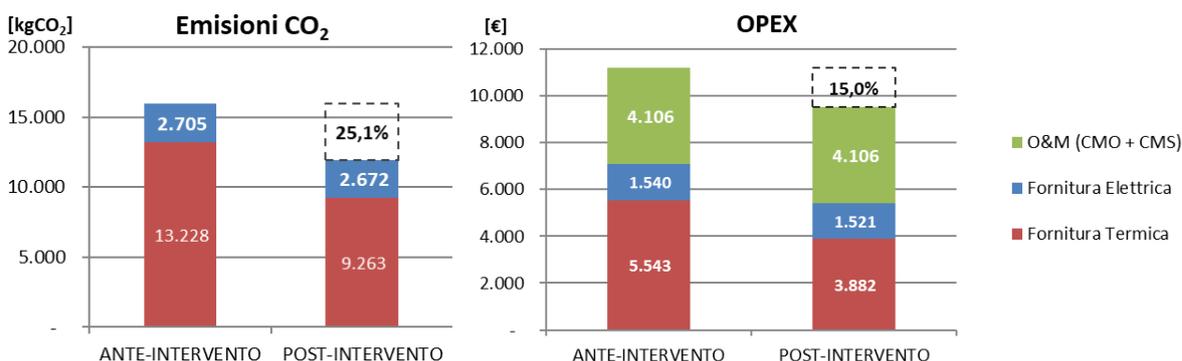
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINEE
EM4 - Rendimento generazione di calore	%	89	108	21,3%
$Q_{teorico}$	kWh	66.503	46.570	30,0%
$EE_{teorico}$	kWh	6.060	5.985	1,2%
$Q_{baseline}$	kWh	65.486	45.858	30,0%
$EE_{Baseline}$	kWh	5.793	5.722	1,2%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	13.228	9.263	30,0%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	2.705	2.672	1,2%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	15.934	11.935	25,1%
Fornitura Termica, C_Q	€	5.543	3.882	30,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	€	1.540	1.521	1,2%
Fornitura Energia, C_E	€	7.083	5.403	23,7%
C_{MO}	€	3.244	3.244	0,0%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINEE
C_{MS}	€	862	862	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	€	4.106	4.106	0,0%
OPEX	€	11.190	9.509	15,0%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,266 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.7 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

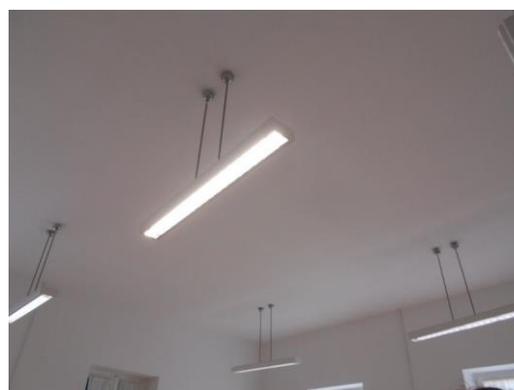
EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei corpi illuminanti con plafoniere dotate di tubi led. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

La sostituzione dei corpi illuminanti porta al risparmio di energia elettrica e ad un miglioramento delle condizioni di lavoro visto che la potenza da installare a seguito del relamping non sarà superiore al 50% della potenza sostituita, rispettando al contempo i criteri illuminotecnici previsti dalla normativa vigente.

Figura 8.8 - Plafoniere a tubi fluorescenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'impianto di illuminazione si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Attualmente l'impianto di illuminazione è costituito principalmente da plafoniere con lampade a tubi fluorescenti da 58W.

L'intervento propone di sostituire tutti i corpi illuminanti con lampade a led con indice di resa cromatica maggiore di 80 per l'illuminazione degli ambienti interni e maggiore di 60 per l'illuminazione delle pertinenze esterne ed efficienza luminosa maggiore di 80 lm/W.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere effettuata saltuariamente durante la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

L'analisi è stata effettuata scegliendo, per ogni tipologia di lampada sostituita, un valore idoneo di potenza LED, nel rispetto della normativa sui livelli minimi di illuminamento nei luoghi di lavoro (norma UNI EN 12464) e dei requisiti tecnici dettati dal Conto Termico.

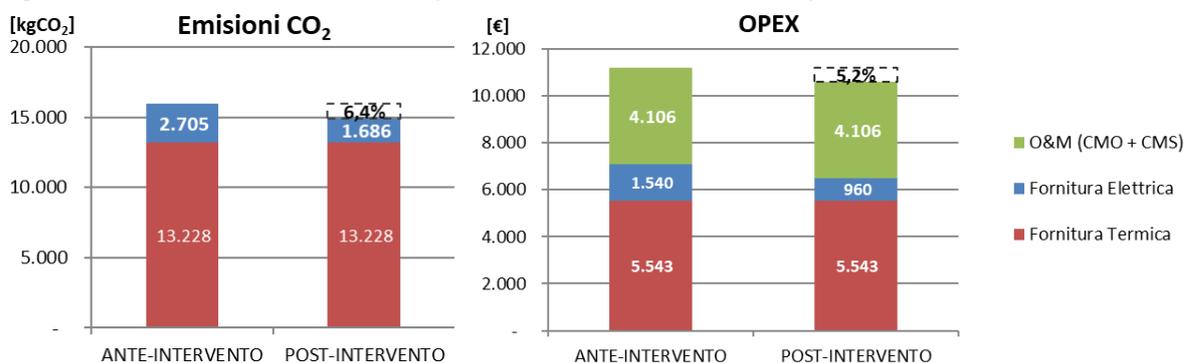
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella tabella 8.5.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 – Potenza installata	W	3.306	1.425	56,9%
$Q_{teorico}$	kWh	66.503	66.503	0,0%
$EE_{teorico}$	kWh	6.060	3.776	37,7%
$Q_{baseline}$	kWh	65.486	65.486	0,0%
$EE_{Baseline}$	kWh	5.793	3.610	37,7%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	13.228	13.228	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	2.705	1.686	37,7%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	15.934	14.914	6,4%
Fornitura Termica, C _Q	€	5.543	5.543	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	1.540	960	37,7%
Fornitura Energia, C_E	€	7.083	6.503	8,2%
C _{MO}	€	3.244	3.244	0,0%
C _{MS}	€	862	862	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	4.106	4.106	0,0%
OPEX	€	11.190	10.609	5,2%
Classe energetica	-	F	F	+0 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,266 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.9 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

L'analisi dei costi è basata sull'applicazione di uno strato di isolante di 12 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1 che consiste nell'isolamento delle pareti esterne.

L'analisi dei costi è basata sull'applicazione di uno strato di isolante di 12 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura materiale isolante	PR.A17.Y04.010	5.100,00	m2cm	2,00	1,82	9.272,73	2.040,00	11.312,73
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A30.010	425,00	m2	6,68	6,07	2.580,91	567,80	3.148,71
Malta premiscelata	PR.A02.A20.600	425,00	kg	0,82	0,75	316,82	69,70	386,52
Collante cementizio per murature	PR.A02.A25.010	212,50	kg	0,49	0,45	94,66	20,83	115,48
Preparazione muratura interna	25.A05.E10.020	425,00	m2	7,03	6,39	2.716,14	597,55	3.313,69
Impalcature per interni	95.B10.S20.020	425,00	m2	21,17	19,25	8.179,32	1.799,45	9.978,77
Rasatura armata con interposta rete in fibra di vetro	25.A54.B40.010	425,00	m2	23,79	21,63	9.191,59	2.022,15	11.213,74
Posa in opera intonaco per interni	20.A54.B10.010	425,00	m2	4,80	4,36	1.854,55	408,00	2.262,55
Tinteggiatura per interni	20.A90.B20.020	425,00	m2	6,27	5,70	2.422,50	532,95	2.955,45
Costi per la sicurezza			%		3	1.098,88	241,75	1.340,63
Costi per la progettazione			%		7	2.564,04	564,09	3.128,13
TOTALE (I₀)						40.292,13	8.864,27	49.156,39
Incentivi	Conto termico							13.600,00
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								2.720,00
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. Siccome il costo complessivo dell'intervento supera gli 80 €/m ² si valuta l'importo dell'incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie da isolare per 80.							

EEM2: Isolamento del sottotetto

Agendo sull’involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l’involucro in base alla zona termica.

Nella tabella 9.2 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 2.

L’analisi dei costi tiene conto dell’applicazione di uno strato di isolante di 12 cm al fine garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento sottotetto

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Pannello in EPS 12 cm	01.P09.A04.025	278,19	m2	8,50 ⁽¹⁾	7,73 ⁽¹⁾	2.149,63	472,92	2.622,55
Collante cementizio	PR.A02.A25.010	139,09	kg	0,49	0,45	61,96	13,63	75,59
Impalcature per interni	95.B10.S20.020	278,19	m2	21,17	19,25	5.353,85	1.177,85	6.531,70
Scrostamento intonaco	25.A05.E10.015	278,19	m2	7,26	6,60	1.836,04	403,93	2.239,97
Intonaco interno in malta cementizia	20.A54.B10.010	278,19	m2	4,80	4,36	1.213,91	267,06	1.480,97
Costi per la sicurezza		3%	%			318,46	70,06	388,52
Costi per la progettazione		7%	%			743,08	163,48	906,56
TOTALE (I₀)						11.676,94	2.568,93	14.245,87
Incentivi	Conto termico							5.698,35
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								1.139,67
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Regione Piemonte. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. . L’importo dell’incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell’intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non gli 80 €/m ² .							

EEM3: Sostituzione infissi e installazione delle valvole termostatiche

Agendo sull’involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l’involucro in base alla zona termica.

Nella tabella 9.3 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 3.

La nuova tipologia di infissi con telaio in pvc a sei camere cave con vetro doppio 4-20-4 basso emissivo permette di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio vecchi serramenti	25.A05.H01.100	72,70	m ²		36,01	2.617,86	575,93	3.193,79
Fornitura serramenti	PR.A23.A30.010	72,70	m ²		299,00	21.737,30	4.782,21	26.519,51
Fornitura controtelaio	PR.A23.B10.020	34,11	m		6,90	235,33	51,77	287,10
Trasporto materiale	25.A15.C10.020	10,91	m ³		10,70	116,68	25,67	142,35

Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	27,00	cad	32,20	956,34	210,39	1.166,73
Costi per la sicurezza		3	%		769,91	169,38	939,28
Costi per la progettazione		7	%		1.796,45	395,22	2.191,66
TOTALE (I₀)					28.229,87	6.210,57	34.440,44
Incentivi	Conto termico						13.086,00
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							2.617,20
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. Siccome il costo complessivo dell'intervento supera i 450 €/m ² si valuta l'importo dell'incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie finestrata da sostituire per 450.						

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

Agendo sull'impianto di riscaldamento si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Nelle Tabelle 9.4 e 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4.

La nuova caldaia a condensazione e l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione del generatore di calore e installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione caldaia esistente	CCIAA RE ⁽¹⁾	1	cad	2.853,80	2.594,36	2.594,36	570,76	3.165,12
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.040	1	cad	24.161,50	21.965,00	21.965,00	4.832,30	26.797,30
Canna fumaria	PR.C84.C05.510	1	cad	203,67	185,15	185,15	40,73	225,89
Installazione nuovo bruciatore	40.C10.B10.130	1	cad	461,09	419,17	419,17	92,22	511,39
Accessori per l'impianto	PR.C76.A30.020	15	cad	21,13	19,21	288,14	63,39	351,53
	PR.C76.A30.015	1	cad	28,46	25,87	25,87	5,69	31,56
	40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	24,12	133,76
	40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	5,94	32,95
Termoregolazione	PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	29,35	162,75
	PR.C74.E05.030	1	cad	76,47	69,52	69,52	15,29	84,81
Manodopera	RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	103,23	572,46
Impianti elettrici	RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	255,04	1.414,31
Trasporto materiali	20.A15.B10.015	100	m ³ km	4,72	4,29	429,09	94,40	523,49
Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	27	cad	35,42	32,20	956,34	210,39	1.166,73
Costi per la sicurezza		3	%			864,94	190,29	1.055,22
Costi per la progettazione		7	%			2.018,18	444,00	2.462,18
TOTALE (I₀)						31.714,31	6.977,15	38.691,46
Incentivi	Conto termico							15.476,58
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								3.095,32
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Camera di Commercio di Reggio Emilia. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo							

unitario al kWt di potenza utile complessiva dell'impianto termico non supera i 130 €/kWt.

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Agendo sull'impianto di illuminazione si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Nella tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5.

Le nuove plafoniere con lampade led permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura e installazione lampade LED - 25W	043084g ⁽¹⁾	57	cad		18,32 ⁽¹⁾	1.044,14	229,71	1.273,85
Rimozione e smaltimento corpi illuminanti	1E.02.070.0020 ⁽²⁾	57	cad		5,21 ⁽²⁾	296,92	65,32	362,24
Costi per la sicurezza		3	%			40,23	8,85	49,08
Costi per la progettazione		7	%			93,87	20,65	114,53
TOTALE (I₀)						1.475,16	324,54	1.799,70
Incentivi	Conto termico							719,88
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								143,98
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario Impianti Elettrici 2017 pubblicato dalla DEI Tipografia del Genio Civile Nota (2): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie utile calpestabile dell'edificio soggetta all'intervento non supera i 35 €/m ² .							

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 utile per le singoli EEM proposte, o, 15 anni per 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: $R = 5\%$
- Tasso di inflazione: $f = 0\%$
- Deriva dell'inflazione relativa al costo dei vettori energetici e dei servizi di manutenzione: $f' = 1\%$.
- Tasso di attualizzazione, o c.d. di interessi reali: $i = R - f - f' = 4\%$

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, l’ 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.

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

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

Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Isolamento delle pareti esterne

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	49.156
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	13.600
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	53,6	36,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	79,0	47,0
Valore attuale netto	VAN	-31.407	-18.330
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,2%	-2,1%
Indice di profitto	IP	-0,64	-0,37

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

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

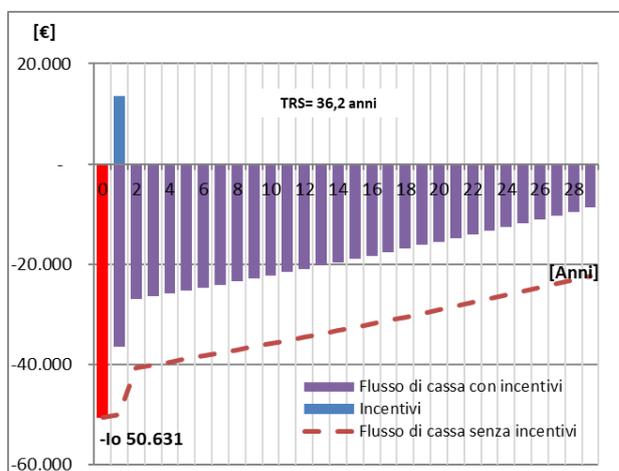
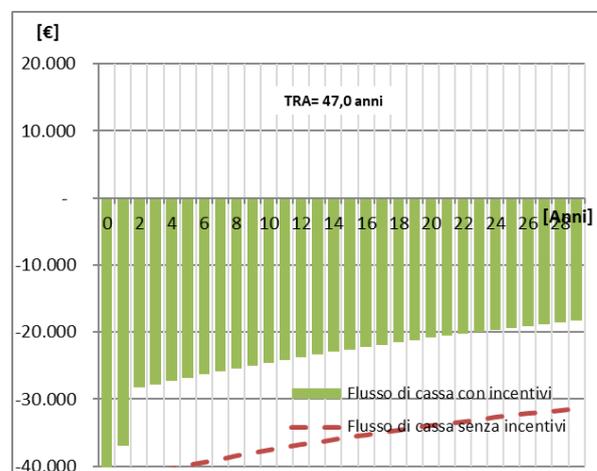


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di gas metano a seguito dell’intervento a fronte della spesa per sostenere l’intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull’involucro consigliamo di valutare preventivamente l’isolamento delle pareti esterne, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si possono ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM2: Isolamento del sottotetto

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

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2 – Isolamento della copertura

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	14.246
Oneri Finanziari % I_0	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	5.698
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	30,8	17,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	48,8	30,4
Valore attuale netto	VAN	-5.660	-181
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,2%	3,8%
Indice di profitto	IP	-0,40	-0,01

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.3 e Figura 9.4.

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

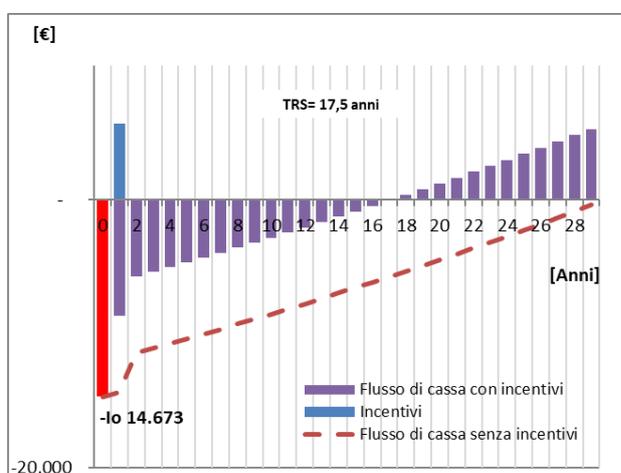
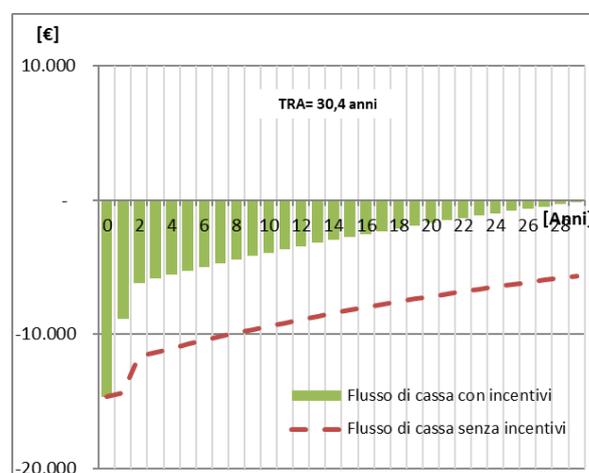


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato di poco superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere

dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di gas metano a seguito dell'intervento a fronte della spesa per sostenere l'intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull'involucro consigliamo di valutare preventivamente l'isolamento del solaio verso il sottotetto, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si possono ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	34.440
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	13.086
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	22,4	13,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	37,7	19,9
Valore attuale netto	VAN	- 7.242	5.341
Tasso interno di rendimento	TIR	2,0%	6,1%
Indice di profitto	IP	-0,21	0,16

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

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

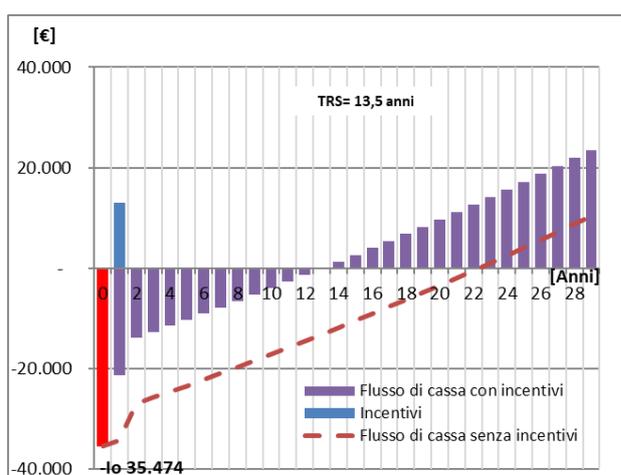
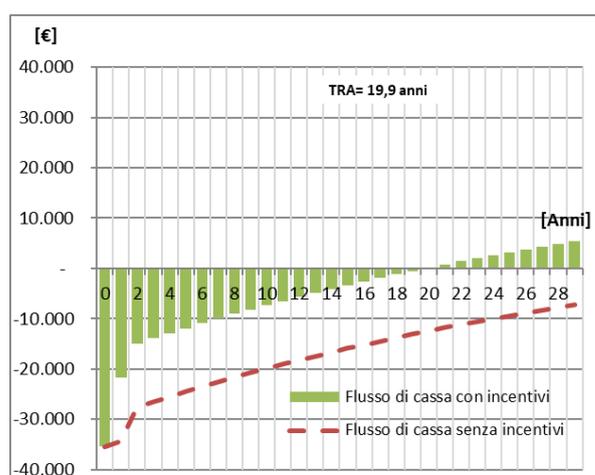


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno inferiore ai 30 anni nel caso di ottenimento di incentivi. In assenza di incentivi, invece, il tempo di ritorno attualizzato supererebbe la durata della vita utile.

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

L’analisi di convenienza per la EEM 4 è stata effettuata ripartendo il costo di investimento iniziale tra i due edifici serviti dalla centrale termica in comune, cioè la Scuola Comunale dell’Infanzia “San Fruttuoso” e il Municipio III Bassa Val Bisagno. Analogamente a quanto ipotizzato per la ripartizione dei consumi termici, la spesa sarà attribuita per il 30% alla Scuola e per il 70% al Municipio, perciò il valore dell’investimento considerato nella seguente analisi economica, da confrontare con i risparmi energetici attribuiti alla Scuola, non sarà pari a 38.691,46 €, totale del computo metrico precedente, ma 11.607 €. L’analisi di convenienza ha portato alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione del generatore di calore e installazione delle valvole termostatiche

PAREMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	11.607
Oneri Finanziari %Io	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	4.643
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,9	3,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	8,4	4,7
Valore attuale netto	VAN	5.791	10.256
Tasso interno di rendimento	TIR	11,1%	20,3%
Indice di profitto	IP	0,50	0,88

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

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

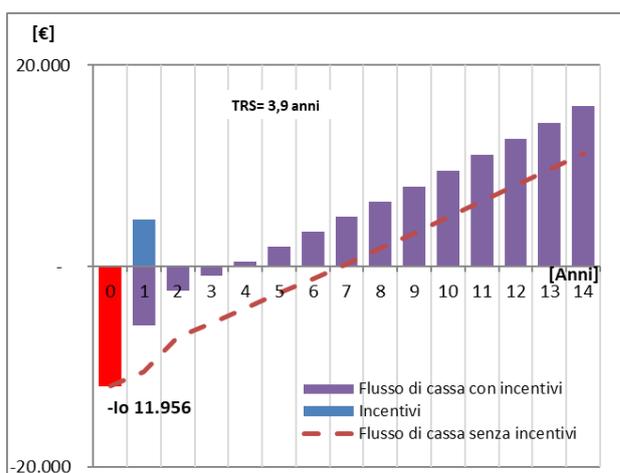
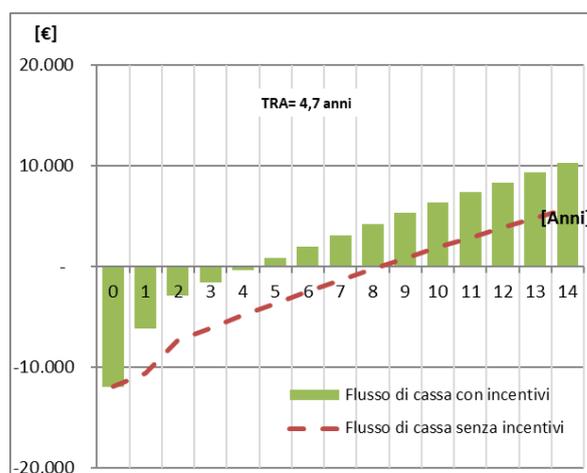


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato pari a 4,7 anni nel caso di incentivi e 8,4 anni in assenza di incentivi. Si fa presente che la stessa analisi andrebbe effettuata anche considerando i risparmi energetici derivanti dall’adiacente Municipio, poiché il 70% dei consumi di combustibile è attribuibile ad esso, così come il 70% del costo dell’investimento.

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	1.800
Oneri Finanziari % I_0	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	720
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,2	1,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,6	1,9
Valore attuale netto	VAN	1.438	2.130
Tasso interno di rendimento	TIR	23,1%	37,9%
Indice di profitto	IP	0,80	1,18

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.9 e Figura 9.10.

Figura 9.9 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

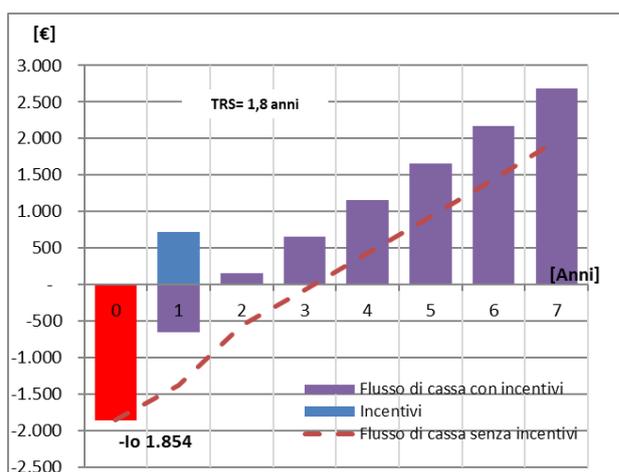
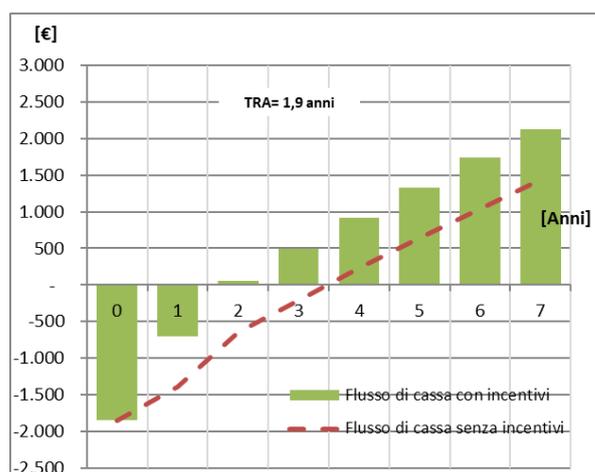


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente vantaggioso, con un tempo di ritorno attualizzato di 1,9 anni nel caso di ottenimento di incentivi e di 3,6 anni nel caso senza incentivi.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nella Tabella 9.14 e nella Tabella 9.15.

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	9,6%	10,1%	680,5	0,0	0,0	-49.156,4	53,6	79,0	30	-31.407,2	-4,2%	-0,6
EEM2	5,8%	6,1%	409,6	0,0	0,0	-14.245,9	30,8	48,8	30	-5.660,1	-0,2%	-0,4
EEM3	19,6%	20,7%	1.387,6	0,0	0,0	-34.440,4	22,4	37,7	30	-7.242,1	2,0%	-0,2
EEM4	23,7%	25,1%	1.680,3	0,0	0,0	-11.607,4	6,9	8,4	15	5.791,3	11,1%	0,5
EEM5	8,2%	6,4%	580,5	0,0	0,0	-1.799,7	3,2	3,6	8	1.437,6	23,1%	0,8

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 solo gli ultimi due interventi proposti risultano avere un ritorno economico vantaggioso senza incentivi; ma vengono riportati tutti per completezza di informazione. Tra quelli proposti ci sono comunque interventi realizzabili sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista economico nel caso si acceda agli incentivi previsti dal conto termico come indicato in tabella 9.15.

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

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	9,6%	10,1%	680,5	0,0	0,0	-49.156,4	36,2	47,0	30	-18.330,3	-2,1%	-0,4
EEM2	5,8%	6,1%	409,6	0,0	0,0	-14.245,9	17,5	30,0	30	-180,9	3,8%	0,0
EEM3	19,6%	20,7%	1.387,6	0,0	0,0	-34.440,4	13,5	19,9	30	5.340,6	6,1%	0,2
EEM4	23,7%	25,1%	1.680,3	0,0	0,0	-11.607,4	3,9	4,7	15	10.255,7	20,3%	0,9
EEM5	8,2%	6,4%	580,5	0,0	0,0	-1.799,7	1,8	1,9	8	2.129,7	37,9%	1,2

Dall'analisi dei risultati emerge che i interventi singoli che risultano economicamente vantaggiosi e tecnicamente fattibili sono l'EEM3, l'EEM4 e l'EEM5. L'EEM2, invece, è attuabile dal punto di vista tecnico e ha un valore del VAN quasi nullo, perciò non porterebbe a svantaggi economici, migliorando nel contempo le condizioni di benessere termoigrometrico nell'edificio.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell’anno corrente n-esimo;

- K_n è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell'anno tn-esimo.

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1 [EEM2 + EEM4]:** Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore e nell'isolamento del solaio verso il sottotetto non scaldato.
- **Scenario 2 [EEM2 + EEM3 + EEM5]:** Tale scenario consiste nell'isolamento del solaio verso il sottotetto non scaldato, nella sostituzione degli infissi, unitamente all'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione, e nell'installazione di nuove plafoniere con lampade led.

9.3.1 Scenario 1: EEM2 + EEM4

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

- EEM2: Isolamento del solaio rivolto verso il sottotetto non scaldato;
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche.

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 – Fornitura e Posa	10.615,40	2.335,39	12.950,79
EEM4 – Fornitura e Posa	28.831,19	6.342,86	35.174,06
Costi per la sicurezza	1.183,40	260,35	1.443,75
Costi per la progettazione	2.761,26	607,48	3.368,74
TOTALE (I₀)	43.391,26	9.546,08	52.937,33
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	3.244	862	4.106
TOTALE (C_M)	3.244	862	4.106
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	21.174,93	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		4.234,99	

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

Figura 9.11 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

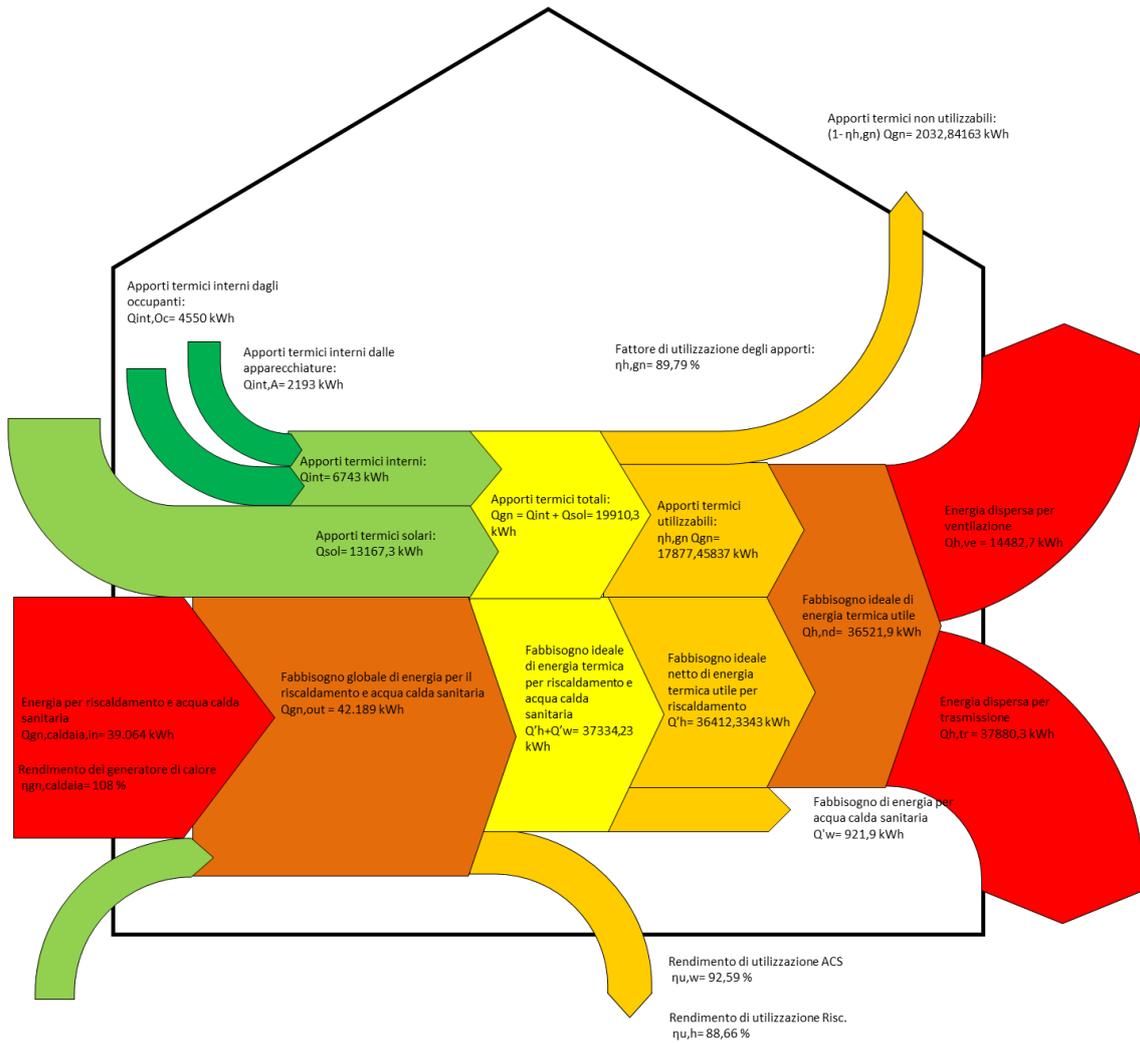
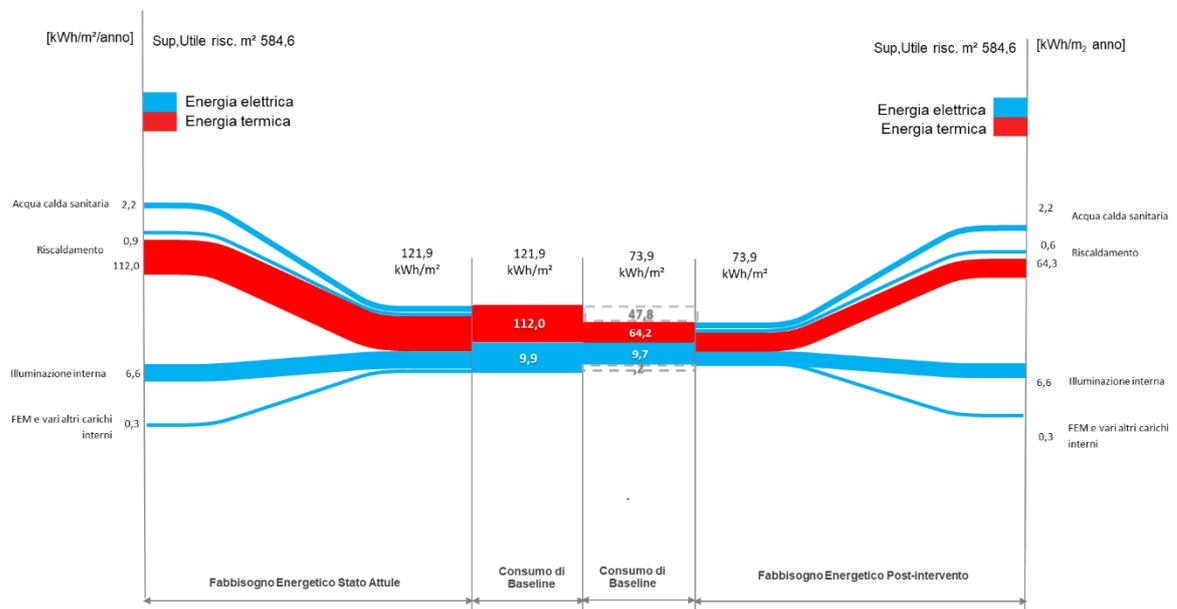


Figura 9.12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



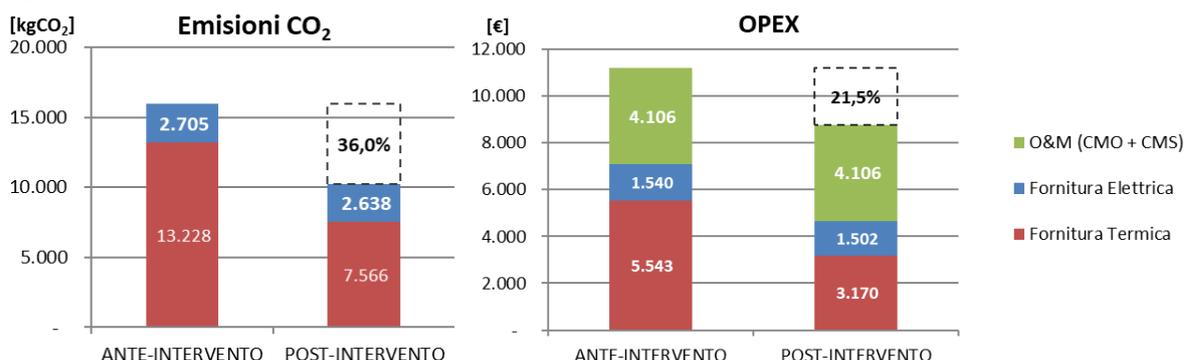
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13.

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 [trasmissione solaio]	[W/m ² K]	1,41	0,25	82,3%
EEM4 [Rendimento generazione calore]	[%]	89	108	21,3%
Q _{teorico}	[kWh]	66.503	38.036	42,8%
EE _{teorico}	[kWh]	6.060	5.909	2,5%
Q _{baseline}	[kWh]	65.486	37.454	42,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	5.793	5.649	2,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.228	7.566	42,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.705	2.638	2,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.934	10.204	36,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.543	3.170	42,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.540	1.502	2,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.083	4.672	34,0%
C _{MO}	[€]	3.244	3.244	0,0%
C _{MS}	[€]	862	862	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.106	4.106	0,0%
OPEX	[€]	11.190	8.779	21,5%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,266 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.13 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



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

I risultati dell’analisi sono riportati nella Tabella 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14

Anni Concessione	n		15
Anno inizio Concessione	n₀		2020
Anni dell'ammortamento	n_A		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}		2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	k_{progetto}		4,00%
Inflazione ISTAT	f		0,50%
deriva dell'inflazione	f'		0,70%
%, interessi debito	k_D		3,82%
%, interessi equity	k_E		9,00%
Aliquota IRES	IRES		24,0%
Aliquota IRAP	IRAP		3,9%
Aliquota fiscale	τ		27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D		10
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€	25.481
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	764
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	26.245
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	20.996
Equity	I_E	€	5.249
Fattore di annualità Debito	FA_D		8,30
Rata annua debito	q_D	€	2.529
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q_D*n_D	€	25.291
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€	4.295

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	3.244
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	10.327
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€	-
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}		34,0%
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E		0,0%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M		1,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	€	1.839
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	103
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	16.867
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	2.882
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.		14
N° di Canoni annuali	anni		32,57%
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	€	611
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	307
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	818
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	3.368
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	5.120
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	8.488

Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	1.736
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	10.224
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn		22%
Aliquota IVA %	IVA	€	4.595
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	10.192
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B		€ 57.722
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.17 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		6,56
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		8,22
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	6.454
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		10,00%
Indice di Profitto	IP		25,33%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,10
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,16
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	5.658
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		79,32%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,231
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,093
Indice di Profitto Azionista	IP		22,20%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

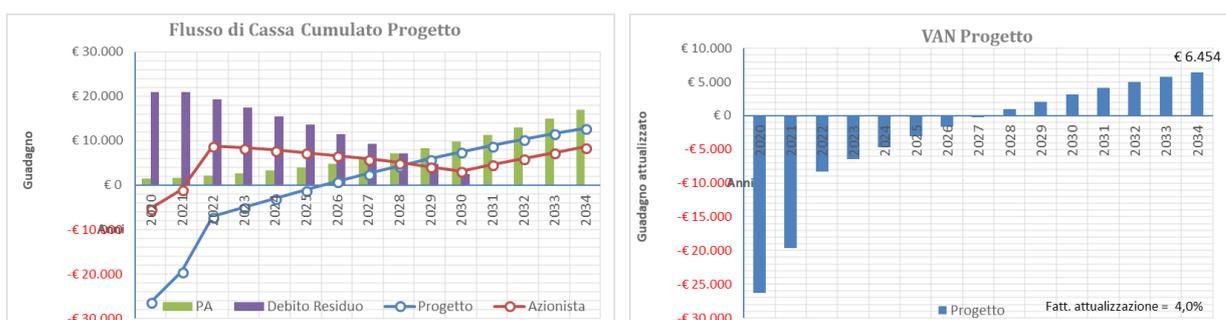
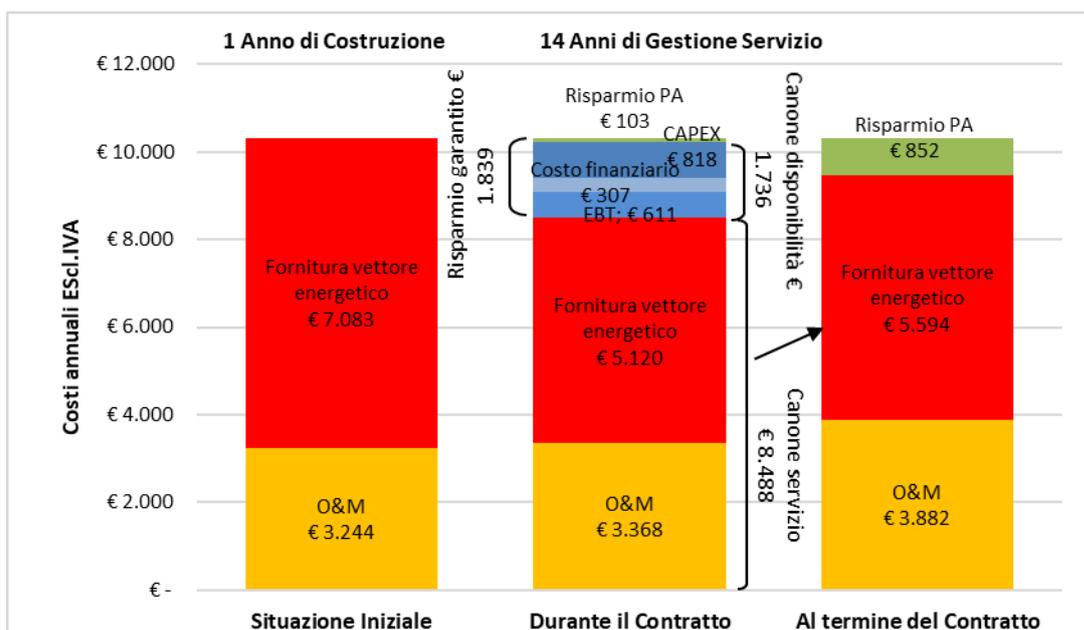


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM2 + EEM3 + EEM5

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

- EEM2: Isolamento del solaio rivolto verso il sottotetto non scaldato;
- EEM3: Sostituzione infissi e installazione valvole termostatiche
- EEM5: Sostituzione dei corpi illuminanti con nuove lampade LED.

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 – Fornitura e Posa	10.615,40	2.335,39	12.950,79
EEM3 – Fornitura e Posa	25.663,51	5.645,97	31.309,49
EEM5 – Fornitura e Posa	1.341,05	295,03	1.636,09
Costi per la sicurezza	1.128,60	248,29	1.376,89
Costi per la progettazione	2.633,40	579,35	3.212,75
TOTALE (I₀)	41.381,97	9.104,03	50.486,00
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	-	-	-
EEM5 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)			
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	19.504,23	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		3.900,85	

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

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

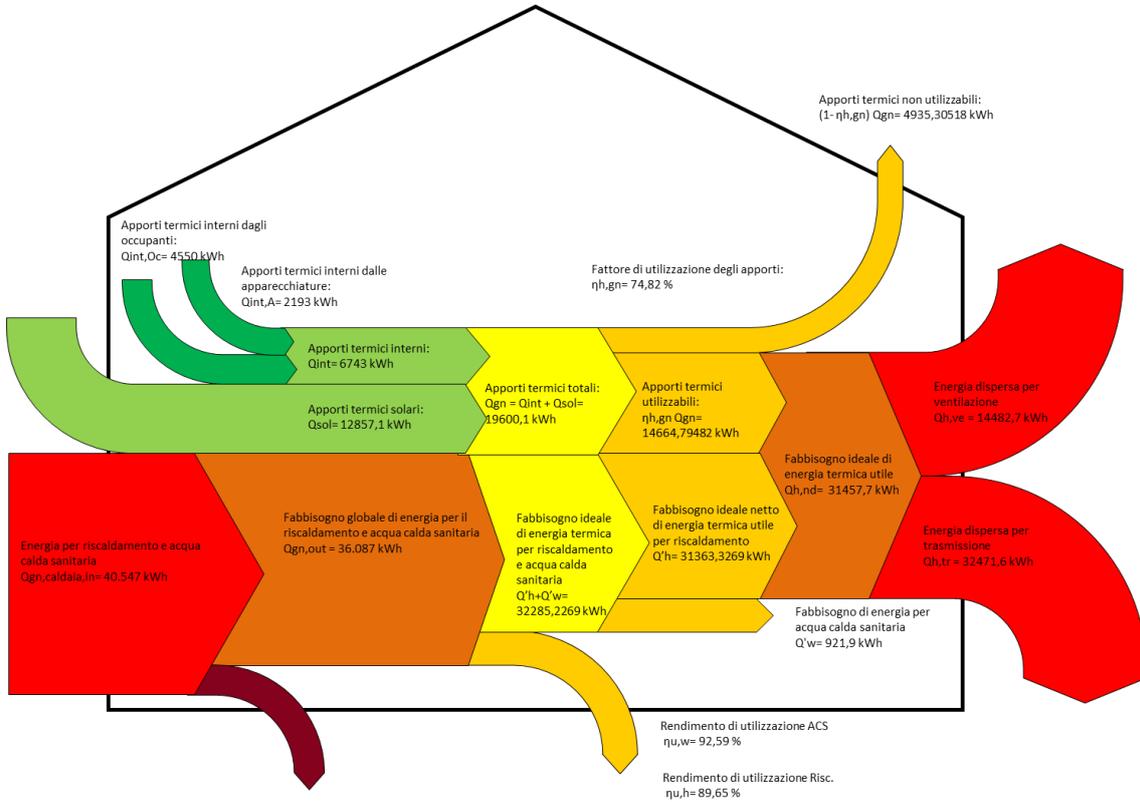
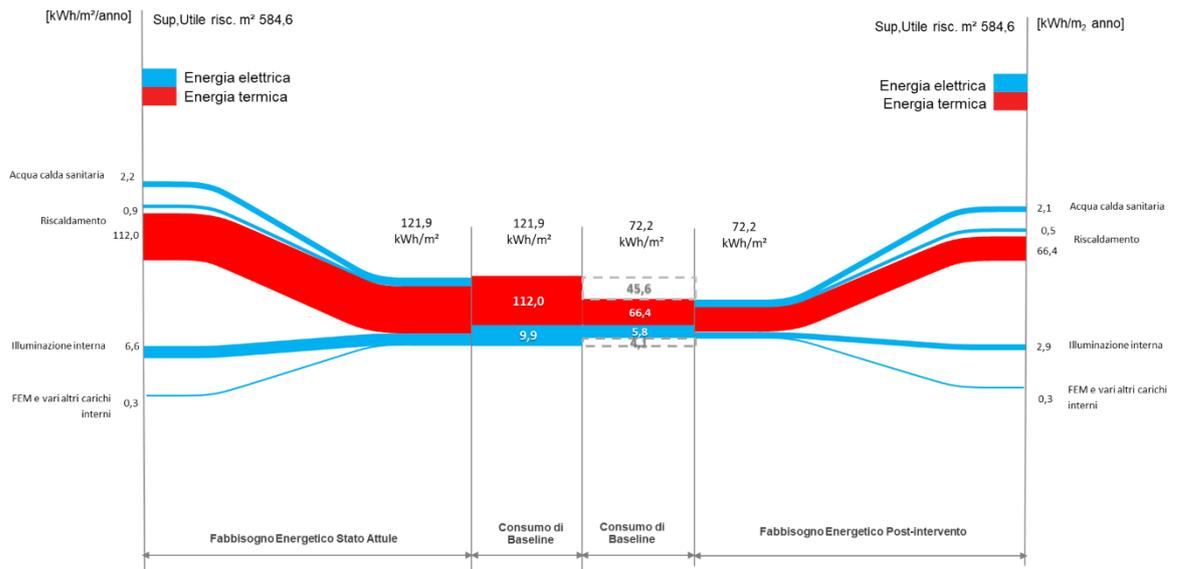


Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

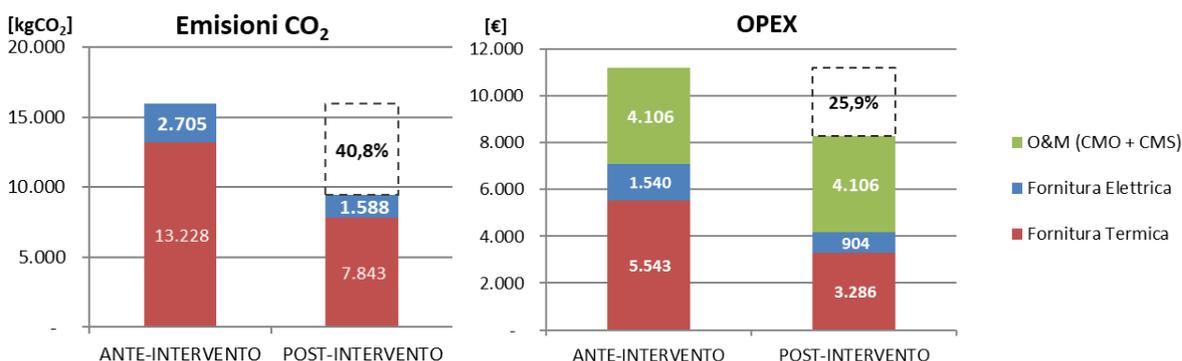


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.19.

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 [Trasmittanza solaio]	[W/m ² K]	1,41	0,25	82,3%
EEM3 [Trasmittanza finestre]	[W/m ² K]	4,8	1,4	70,8%
EEM5 [Potenza installata]	[W]	3.306	1.425	56,9%
Q _{teorico}	[kWh]	66.503	39.428	40,7%
EE _{teorico}	[kWh]	6.060	3.557	41,3%
Q _{baseline}	[kWh]	65.486	38.825	40,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	5.793	3.401	41,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.228	7.843	40,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.705	1.588	41,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.934	9.431	40,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.543	3.286	40,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.540	904	41,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.083	4.190	40,8%
C _{MO}	[€]	3.244	3.244	0,0%
C _{MS}	[€]	862	862	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.106	4.106	0,0%
OPEX	[€]	11.190	8.297	25,9%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,266 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.19 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.15, Tabella 9.21 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – 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		14
Anni Equity	n_E		24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	50.486
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	1.515
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	52.001
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	41.600
Equity	I_E	€	10.400
Fattore di annualità Debito	FA_D		10,83
Rata annua debito	q_D	€	3.841
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	53.767
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€	12.167

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	7.083
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	3.244
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	10.327
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E		40,8%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$		2,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	1.986
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	207
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	48.259
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	3.897
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		13,75%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	298
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	507
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	975
Canone O&M €/anno	CnM	€	3.455

Canone Energia €/anno	CnE	€	4.886
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	8.341
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	1.780
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	10.120
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	9.104
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	19.504
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.22 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	11,18
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	17,28
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 4.045
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,51%
Indice di Profitto	IP	8,01%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	12,80
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,21
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 4.549
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	67,83%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,041
Loan Life Cover Ratio	LLCR < 1	0,864
Indice di Profitto Azionista	IP	9,01%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

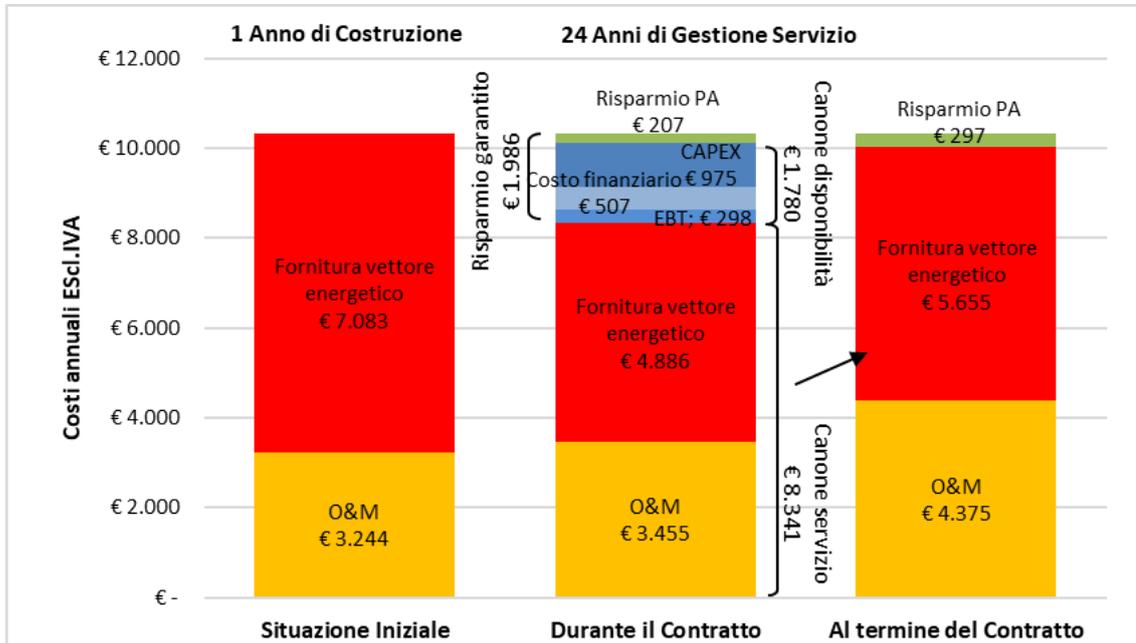


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indicatori di prestazione energetica sono riportati nella tabella 10.1 in cui vengono espressi in duplice forma:

- Rispetto ai consumi energetici reali con riferimento ai dati storici come media delle ultime 3 annualità.
- Rispetto a condizioni standard di riferimento (calcolo in valutazione standard UNI TS 11300);

Tabella 10.1 – Indicatori di performance energetica valutati in modalità adattata all’utenza e in condizioni standard

INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE		CONDIZIONI REALI	U.M.	CONDIZIONI STANDARD	U.M.
Indice di prestazione energetica globale	EP _{gl}	139,0	kWh/mq anno	201,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale	EP _H	121,2	kWh/mq anno	153,9	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la produzione di acs	EP _{acs}	4,4	kWh/mq anno	19,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva	EP _C	0,0	kWh/mq anno	0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la ventilazione	EP _V	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per illuminazione artificiale	EP _L	13,4	kWh/mq anno	28,1	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il trasporto di persone o cose	EP _{Tr}	0,0	kWh/mq anno	0	kWh/mq anno
Indice di energia termica totale	EP _T	113,8	kWh/mq anno	144,5	kWh/mq anno
Indice di energia elettrica totale	EE	10,4	kWh/mq anno	25,3	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il riscaldamento	ET _H	113,8	kWh/mq anno	146,6	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il raffrescamento	ET _C	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per la produzione di acs	ET _W	2,3	kWh/mq anno	9,7	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	27,3	Kg/mq anno	41,0	Kg/mq anno

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

10.2.1 Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:

Al fine di dare una priorità all’implementazione degli interventi di miglioramento individuati è stata effettuata un’analisi multicriterio che tenga in considerazione gli aspetti:

- Energetici: Riduzione dei consumi di energia primaria (kWh);
- Economici:
 - Costo dell’energia risparmiata (CER) espressa in c€/kWh, fornisce l’esborso finanziario da sostenere per ogni unità di energia risparmiata;
 - Indice di profittabilità (IP) dato dal rapporto tra VAN e Investimento;
 - Valore Attualizzato Netto (VAN) (€);

- Tempo di riorno Semplice (TR) (anni).
- Ambientali: Tonnellate di CO₂ evitate annualmente (ton/anno).

Tabella 10.2 – Analisi multicriterio degli interventi migliorativi

INTERVENTO	Criterio Energetico	Criterio Ambientale	Criterio Economico				Risultato complessivo
	Risparmio energia primaria	CO ₂ risparmiata	TIR	IP	TR	VAN	
	kWh/anno	Ton/anno	%	-	anni	€	
EEM 1*	17.964,76	1,61	-2,1%	-0,40	36,20	-18.330,30	0,12
EEM 2	15.076,83	0,96	3,8%	0,00	17,50	-180,90	0,14
EEM 3	21.706,20	2,22	6,1%	0,20	13,50	5.340,60	0,28
EEM 4	27.213,13	3,01	20,3%	0,90	3,90	10.255,70	0,42
EEM 5	4.267,58	1,02	37,9%	1,20	1,80	2.129,70	0,19
SCN1	39.086,36	4,92	10,0%	25,33	6,56	6.454,00	0,86
SCN2	40.460,17	5,66	5,5%	8,01	11,18	4.045,00	0,69
PESO	20%	30%	5%	30%	5%	10%	

*L'intervento risulta escludibile dall'analisi in quanto caratterizzato da pareti economici negativi e quindi non applicabile.

Nel risultato complessivo compare la somma di tutti gli indicatori riportati in tabella parametrizzati rispetto ai fattori peso indicati e pesati tra di loro per poterli confrontare; maggiore è il risultato complessivo migliore complessivamente è l'intervento rispetto a quelli proposti.

L'analisi multicriterio dimostra che l'SCN1 risulta essere l'intervento migliore tra quelli proposti, seguito dall'SCN2; tra gli interventi singoli proposti l'intervento migliore risulta la sostituzione della caldaia a basamento con un nuovo generatore a condensazione. Si fa inoltre presente come l'intervento di sostituzione degli infissi, oltre ad essere economicamente vantaggioso, è una misura da effettuare indipendentemente dal risparmio energetico ottenibile, dato che l'integrità e la tenuta delle finestre dell'edificio risultano in cattive condizioni.

In generale l'analisi multicriterio mette in luce anche il fatto che un maggior investimento non determina per forza un miglioramento dei parametri energetici, ambientali ed economici; infatti il risultato complessivo mostra che l'interazione di questi parametri può portare un intervento a basso investimento ad essere migliore di uno ad investimento maggiore.

10.2.2 Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi

e suddette opportunità di miglioramento verranno attuate attraverso la stipula di Contratti a garanzia di risultato (EPC) con ESCO a seguito dell'aggiudicazione di Gare d'Appalto dedicate.

I piani di misura e verifica dei risparmi sono uno strumento fondamentale nei contratti EPC per monitorare nel tempo il risparmio energetico conseguito grazie agli interventi di efficientamento, in base al quale si valuta il raggiungimento degli obiettivi garantiti dal contratto.

L'obiettivo principale del monitoraggio è quello di avere un feedback obiettivo sui risultati ottenuti. In particolare la raccolta dei dati deve servire per:

- valutare l'efficacia e l'efficienza dell'uso delle risorse investite per raggiungere l'obiettivo dell'iniziativa;
- garantire la corretta gestione del Contratto stipulato con la ESCO. I dati utilizzati per calcolare i pagamenti devono essere veritieri e garantire, trasparenza e tracciabilità;
- come esempio per replicare l'iniziativa e dimostrarne l'efficacia.

Il Sistema di Monitoraggio e Verifica delle Prestazioni prevede:

- la programmazione periodica delle attività di controllo;
- la compilazione periodica di un report di Monitoraggio;

- la predisposizione di un report stagionale con i risultati delle prestazioni per il periodo di riferimento;
- la messa a disposizione delle informazioni e dei report raccolti e archiviati.

Il report annuale di monitoraggio dovrà contenere gli elementi seguenti:

- l'andamento dei consumi stagionali, in termini sia energetici sia monetari rilevati di energia termica;
- l'andamento dei consumi stagionali in termini sia energetici sia monetari rilevati di energia elettrica;
- i prezzi di riferimento per la stagione;
- la descrizione di eventuali variazioni climatiche;
- la descrizione di eventuali variazioni delle modalità d'uso degli edifici;
- la descrizione di eventuali variazioni delle caratteristiche di base degli edifici;
- il risparmio energetico garantito ed effettivo e gli eventuali scostamenti;
- la descrizione delle esperienze operative acquisite.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Il presente report di Diagnosi Energetica può ritenersi un documento tecnico propedeutico all'eventuale redazione di Energy Performance Contract (EPC) volti all'implementazione degli interventi di riqualificazione del patrimonio edilizio della Committenza.



ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Allegato A - Elenco documentazione fornita dalla committenza	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoA.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Contesto geografico e urbano e zone termiche	Contesto geografico	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoB-Zone termiche e contatori.dwg
Analisi fatture dell'energia elettrica	Analisi fatture EE	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia elettrica.xlsx
Analisi fatture dell'energia termica	Analisi fatture GAS	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia termica.xlsx
Riepilogo dati fatture rilevati dall'auditor	Dati consumi termici ed elettrici	04/06/18	kyotoBaseline-E392_rev10.xlsx



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C – Report di indagine termografica	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoC.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Non sono stati eseguiti ulteriori report relativi a prove diagnostiche strumentali della termoflussimetria in quanto non ritenuti significativi viste le caratteristiche dell’edificio indivianalizzate in fase di rilievo e di elebarazione del report di diagnosi energetiche.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo, fabbisogno di energia e diagnosi energetica rilasciati dal software	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoE.pdf



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di conformità Namirial Termo	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-Allegato F.pdf



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoG-APE.pdf



ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	04/06/18	DE_Lotto.3._E392_revA-Allegato H-APE SCN1.pdf
Attestato di prestazione energetica	04/06/18	DE_Lotto.3._E392_revA-Allegato H-APE SCN2.pdf



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
Dati climatici		04/06/18	GG_Lotto.3-E392_revB.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Scheda Audit	04/06/18	DE_Lotto3-E391_revB_AllegatoJ-Scheda audit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Scheda ORE_isolamento pareti esterne	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM1.pdf
Scheda ORE_isolamento copertura piana	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM2.pdf
Scheda ORE_sostituzione infissi	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3.pdf
Scheda ORE_sostituzione caldaie	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM4.pdf
Scheda ORE_valvole termostatiche	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3&EEM4.pdf
Scheda ORE_lampade led.pdf	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM5.pdf



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi economica finanziaria degli scenari SCN1 e SCN2	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_rev06-AllegatoL-Analisi PEF.xlsx



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchamark	04/06/18	DE_Lotto.3-E392_revC-AllegatoM-Benchmark.docx



ALLEGATO N – CD-ROM