

**SCUOLA MATERNA STATALE "W.DISNEY" e
SCUOLA PRIMARIA "S.BARTOLOMEO DEL
FOSSATO" e
SECONDARIA I GRADO STATALE "N. BARABINO"
E1352**

Via San Bartolomeo del Fossato 45, 16149 Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

**COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER**



COMUNE DI GENOVA



INGEGNERIA QUALITÀ SERVIZI

**SCUOLA MATERNA STATALE "W. DISNEY"
SCUOLA PRIMARIA "S. BARTOLOMEO DEL
FOSSATO"**

**SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO
GRADOSTATALE "N. BARABINO"
E1352**

VIA SAN BARTOLOMEO DEL FOSSATO 45, 16149 GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova
Tel 0105573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

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

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	22
LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA SEGUENTE TABELLA.....	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i>	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	34
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	38
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	44
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	44
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	44

7.1.2	Vettore elettrico.....	45
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	47
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	48
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	49
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	50
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	50
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	50
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	57
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	59
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i>	59
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	60
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	62
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	70
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	79
9.3.1	<i>Scenario 1- SCN1: EEM1 + EEM3</i>	81
9.3.2	<i>Scenario 2- SCN2: EEM1 + EEM3 + EEM6</i>	87
10	CONCLUSIONI	93
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	93
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	93
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	93
ALLEGATO A –ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA		A
ALLEGATO B – ELABORATI		A
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI		2
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		5
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		6
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		7
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....		1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....		1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....		1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		2
ALLEGATO N – CD-ROM		1

EXECUTIVE SUMMARY

Il presente executive summary contiene il riassunto dei principali risultati ottenuti dall'analisi, con riferimento agli interventi fattibili ed all'individuazione dello scenario ottimale, con indicazione degli indicatori finanziari ottenuti; tali aspetti saranno descritti nei capitoli 8 e 9.

La sintesi contenuta nel presente paragrafo contiene:

1. Consumi attuali e indicatori di performance allo stato di fatto;
2. Principali interventi migliorativi individuati;
3. Tabella riassuntiva scenari ottimali per ESCO: baseline, scenari interventi, investimento e indicatori economici e di sostenibilità finanziaria

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1974
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 - Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.892
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.600
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	10.632
Rapporto S/V	[1/m]	0,33
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.280
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.420
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.700
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizione a gas per la sola climatizzazione invernale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	465
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici per la sola produzione di ACS
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	38,01
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	155.516
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	12.334
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	17.104
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.741

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1 Relamping
- EEM 2 Sostituzione delle chiusure trasparenti (Serramenti)
- EEM 3 Sostituzione del generatore di calore tradizione con Pompa di Calore
- EEM 4 Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)
- EEM 5 Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)
- EEM 6 Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)
- SCN 1 EEM1 + EEM3
- SCN 2 EEM1 + EEM3 + EEM6

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

	CON INCENTIVI													
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_e [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	5,5%	4,8%	891	0	0	6.144	6,85	>8	8	<0	0,6%	-0,12		
EEM 2	21,2%	22,0%	3.403	0	0	197.738	>30	>30	30	<0	-3,1%	-0,58		
EEM 3	44,1%	51,3%	2.545	2.743	2.917	62.126	2,85	3,26	15	99.811	28,5%	1,61		
EEM 4	44,3%	46,0%	7.123	0	0	144.382	10,63	15,74	30	43.199	7,4%	0,30		
EEM 5	34,2%	35,5%	5.493	0	0	112.624	10,76	15,93	30	31.906	7,2%	0,28		
EEM 6	10,4%	10,8%	1.670	0	0	34.497	10,80	16,00	30	9.565	7,2%	0,28		
SCN 1	50,1%	56,5%	8.056	2.743	2.917	68.270	2,9	3,2	15	47.601	52,3%	0,69	1,3	3,5
SCN 2	54,7%	60,6%	8.800	2.743	2.917	102.767	6,6	7,1	25	45.507	26,6%	0,44	1,0	3,5

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l'involucro, sia l'impianto.

Gli interventi sull'involucro sono caratterizzati da tempi di ritorno decisamente maggiori rispetto a quelli legati al miglioramento impiantistico, pertanto non vengono considerati prioritari dal punto di vista del rispetto del capitolato, che prevede sia un salto di due classi energetiche (valutate come nell'APE), sia tempi di ritorno ridotti.

Tuttavia intervenire sull'involucro è, ragionevolmente parlando, comunque prioritario nell'ottica di intervenire per ottenere un edificio che riduca i propri consumi ed aumenti il comfort degli studenti e del personale scolastico, obiettivo che non può essere certamente raggiunto tramite la sola riqualificazione degli impianti termici, in particolare dei sottosistemi di generazione e di regolazione. Ciò è dovuto alla natura della normativa che si occupa di valutare le classi energetiche nella produzione di un APE: la procedura di calcolo entrata in vigore a livello nazionale con i DM 26 giugno 2015 e poi recepita a livello regionale nel dicembre 2016, è fortemente correlata alla tipologia impiantistica ed al vettore energetico, piuttosto che ad una reale riduzione dei consumi.

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 il gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

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

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

Figura 1.1 - Vista di una porzione della facciata Sud



1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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

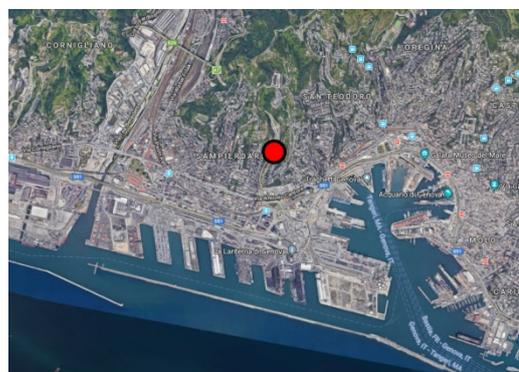
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Elena Mazzucco Ing. Vittoria Citterio		Sopralluogo in sito
Ing. Elena Mazzucco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Elena Mazzucco		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Geom. Silvano Roberto		Tecnico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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU¹ - sezione SAM - Fg.39 - Mapp. 2059, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere di Sampierdarena.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola materna, scuola primaria (elementare), scuola secondaria di primo grado (medie).

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

¹ Al catasto è registrato un numero civico errato: l'edificio si troverebbe al numero 78 mentre si trova al numero 45.

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1974
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 - Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.892
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.600
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	10.632
Rapporto S/V	[1/m]	0,33
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.280
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.420
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.700
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizione a gas per la sola climatizzazione invernale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	465
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici per la sola produzione di ACS
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	38,01
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	155.516
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	12.334
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	17.104
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.741

Nota (1): Valori di Baseline

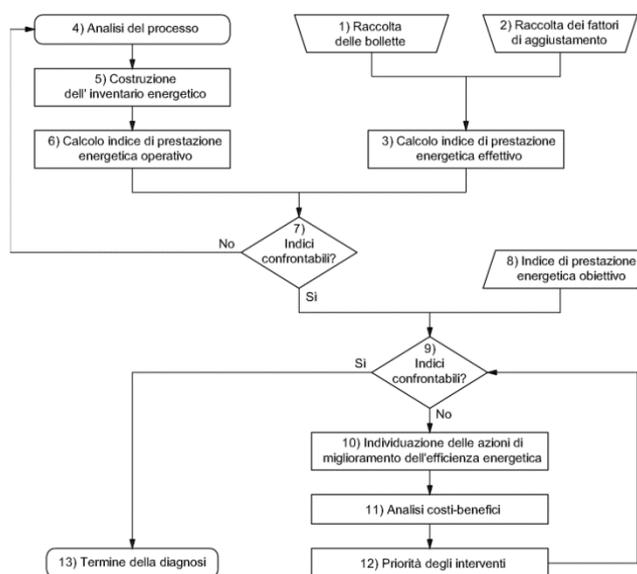
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati
- 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 20/11/2017 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, 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, Assisat, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;

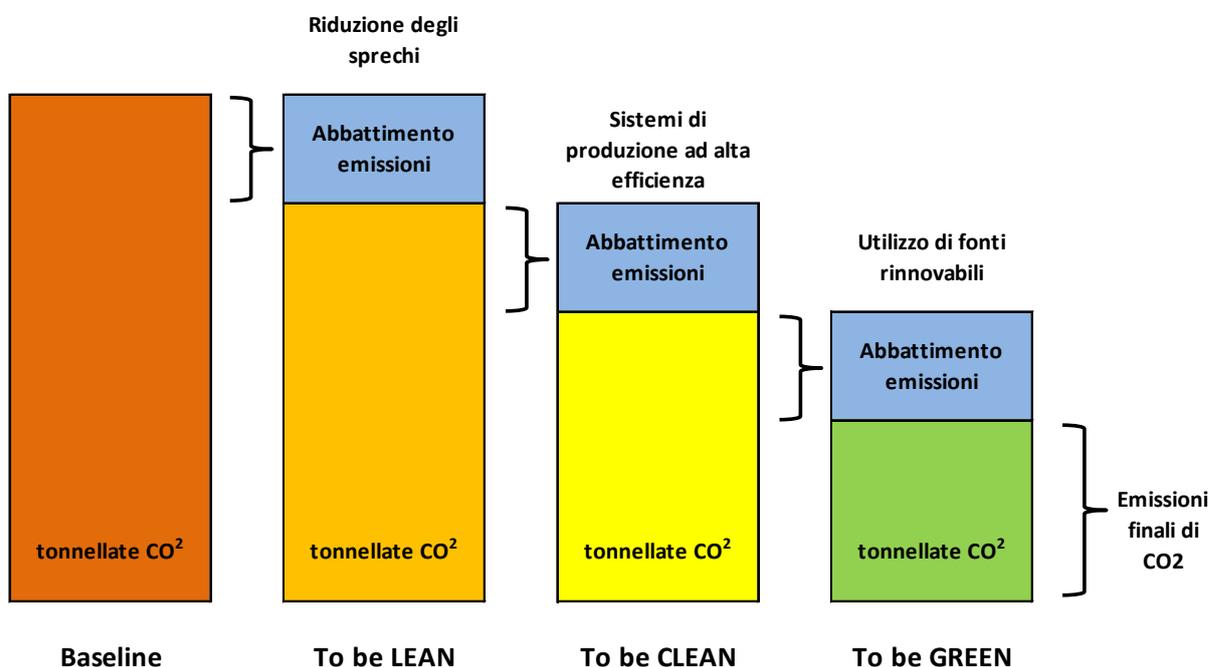
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata una analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico,

Titoli di Efficienza Energetica, ecc) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

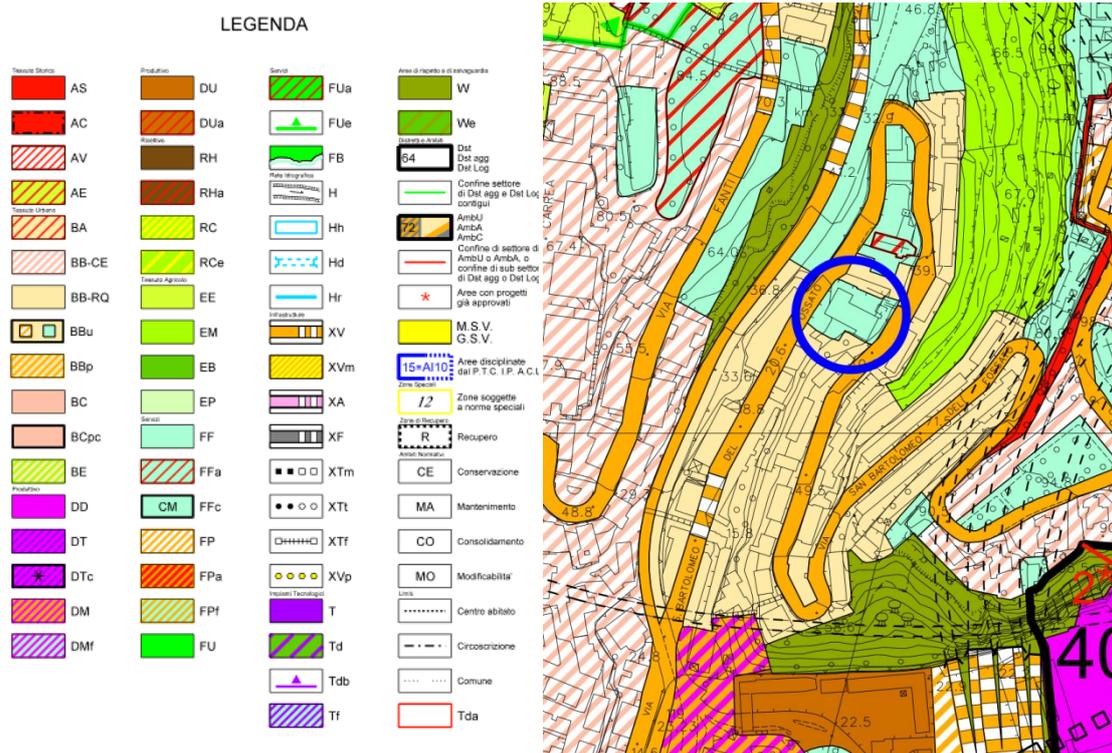
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Figura 2.1 - Estratto dal Piano Urbanistico Comunale (fuori scala)



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

L'edificio scolastico risale al 1986, non ha mai subito interventi di ristrutturazione o trasformazione. Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.

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'edificio scolastico è frequentato da 136 alunni per quanto riguarda la scuola materna, 90 alunni per quanto concerne la scuola elementare ed è composta da 3 classi, dalla prima alla terza, per un'unica sezione (sez. "G") relativamente alla scuola media (anno 2017/2018); il personale si misura invece in 13 unità. Vista l'ampiezza del plesso scolastico si può affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio porterebbe ad una maggiore interesse sociale nell'edificio, oltre ad una valorizzazione di tipo economico. Le operazioni di ristrutturazione rappresenterebbero inoltre un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali si sviluppano le aule didattiche, i laboratori e gli ambienti di servizio.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽²⁾
Terra	Aule, bagni, palestra	[m ²]	736,0	627,6	0
Primo	Aule, bagni, uffici, palestra	[m ²]	736,0	674,5	0
Secondo	Aule, bagni	[m ²]	736,0	622,7	0
Terzo	Aule, bagni	[m ²]	536,0	483,6	0
Quarto	Cucina, refettori, bagni, uffici	[m ²]	536,0	483,6	0
TOTALE		[m ²]	3.280	2.892	0

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

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

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

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

Come mostra la figura 2.3 che riporta un estratto dal Geoportale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>), l'edificio che ospita la scuola non risulta vincolato.

Riferendosi inoltre anche al sito internet "Vincoli in Rete" a cura del Ministero dei Beni Culturali (<http://vincoliinretegeo.beniculturali.it/vir/vir/vir.html>), risulta che un edificio posto a nord, ma non adiacente al fabbricato scolastico viene identificato come bene architettonico "di interesse culturale non verificato". Tale segnalazione di interesse, priva di provvedimenti vincolistici, non incide sugli eventuali interventi di riqualificazione energetica da svolgersi sull'edificio scolastico, il quale comunque manterrebbe inalterate le proprie caratteristiche morfologico-architettoniche, non andando ad alterare il contesto.

Si evidenzia inoltre che l'area è soggetta al vincolo artt. 136 e 142 del D.Lgs. 42/2004 "Bellezze d'insieme" (ex L. 1497/1939) e che pertanto interventi che riguardino l'aspetto esteriore dell'edificio andranno valutati mediante procedura di autorizzazione paesaggistica.

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti, interferenze riportate nella seguente tabella 2.2.

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

Figura 2.3a - Estratto carta dei vincoli (fuori scala) dal sito Geoportale Regione Liguria

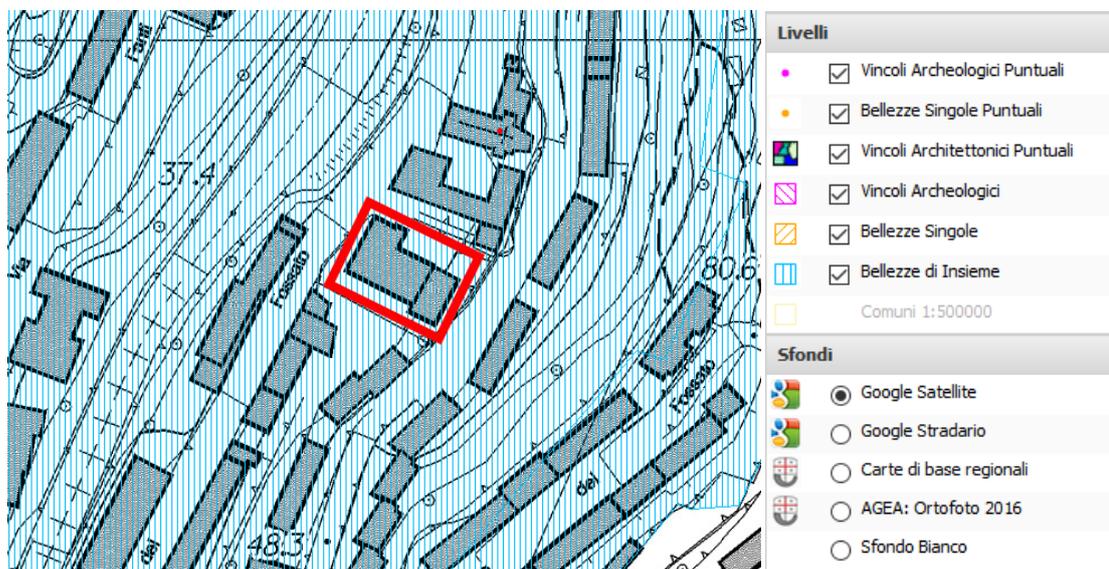


Figura 2.3 b - Estratto carta dei vincoli (fuori scala) dal sito Vincoli in Rete



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: relamping	-		-
EEM 2: Sostituzione delle chiusure trasparenti (Serramenti)	Bellezze d'insieme		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 3: Sostituzione del generatore di calore tradizione con Pompa di Calore	-		-
EEM 4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)	Bellezze d'insieme		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)	Bellezze d'insieme		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)	Bellezze d'insieme		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica

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, il quale si presenta essere un Istituto Comprensivo (IC); pertanto gli orari di funzionamento, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico, variano sulla base del grado scolastico; mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal personale scolastico presente durante il sopralluogo(7:00-17:00); si è potuto identificare un unico orario di funzionamento dell'impianto termico, in quanto l'impianto è unico per tutto l'edificio.

Durante il sopralluogo il personale non era a conoscenza tuttavia delle temperature di settaggio del riscaldamento.

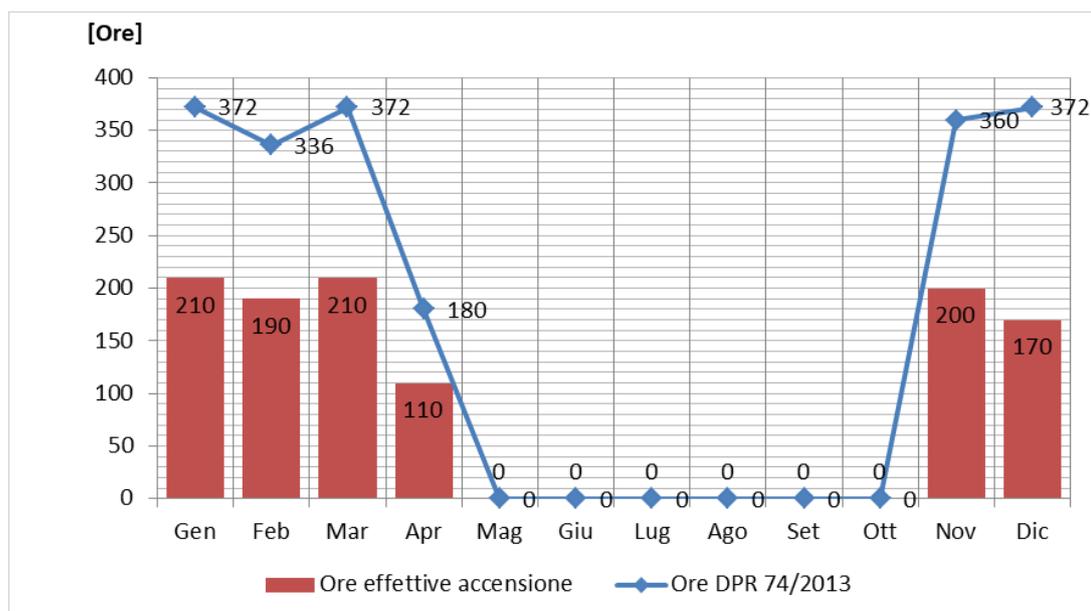
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento dell'impianto termico.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
SCUOLA MATERNA "WALT DISNEY"			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	08:00/09:00 – 17:00	7:00-17:00
SCUOLA PRIMARIA "SAN BARTOLOMEO DEL FOSSATO"			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	08:00 – 16:30	7:00-17:00
SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO "NICOLÒ BARABINO"			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7:55-13:55	7:00-17:00

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura; risulterebbe pertanto un buon intervento ridefinire i momenti di accensione e spegnimento e magari in sede di sostituzione del generatore di calore effettuare una simulazione in dinamica oraria per studiare la migliore combinazione di regolazione temporale del riscaldamento, temperature impostate ed impianto.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 9.

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	201,60	21	21		22%
Febbraio	28	10,5	28	180,50	19	19		19%
Marzo	31	11,1	31	186,90	21	21		20%
Aprile	30	15,3	15	55,74	20	11		6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	134,00	20	20		14%
Dicembre	31	10,0	31	170,00	17	17		18%
TOTALE	365	16,7	166	929	220	109		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 Stazione Meteo GENOVA-CENTRO FUNZIONALE –FOCE (GECF).

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

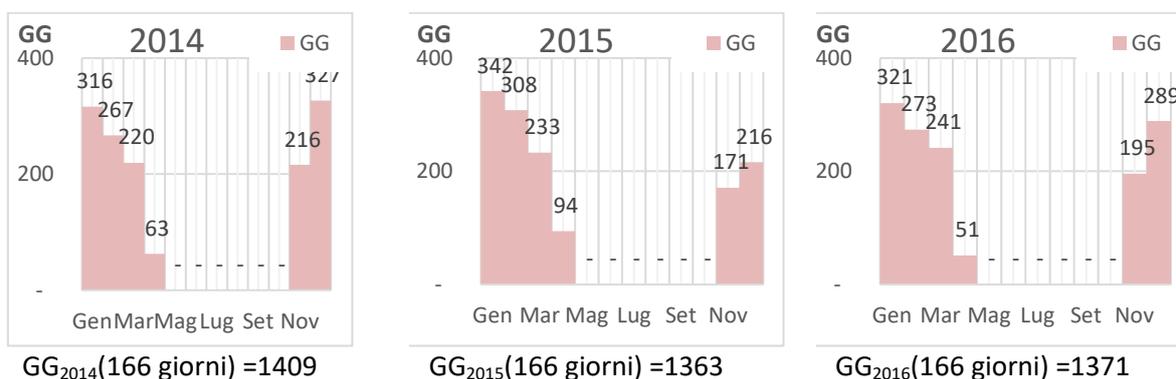
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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 GGreali per il triennio di riferimento

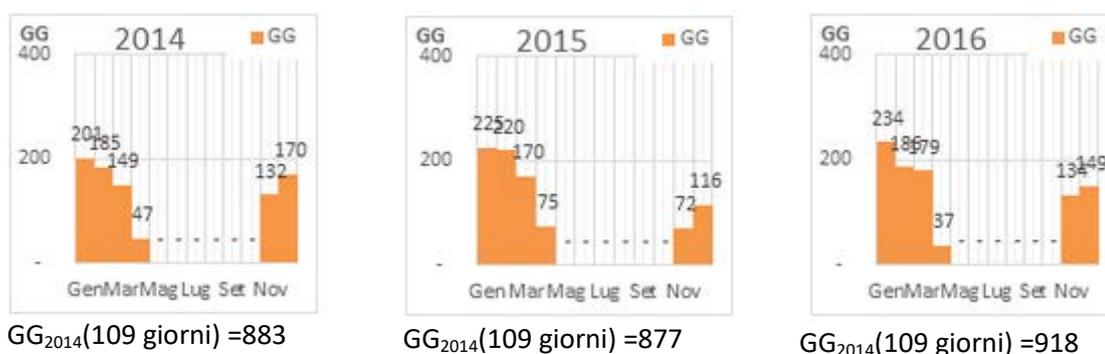


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 893 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{reali} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 9.

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risulta costruito con una struttura in calcestruzzo, sia per quanto riguarda il sistema di travi-pilastrini portanti, sia per quanto riguarda i tamponamenti.

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una tipologia muraria predominante presumibilmente composta da blocchi in calcestruzzo, oppure da calcestruzzo gettato in opera. La tipologia e stratigrafia sono variabili sulla base dello spessore murario, variabile da struttura a struttura, in un *range* che oscilla tra circa 15 e circa 65 cm.

L'involucro opaco orizzontale invece si compone di una struttura in laterocemento ricoperta da una guaina bituminosa e da un pavimento (copertura praticabile).

Questa soluzione realizzativa incide sul comportamento termico dell'edificio in quanto le componenti opache non risultano essere particolarmente performanti, poiché prive di isolamento.

Analoghe considerazioni possono essere affrontate in relazione alle chiusure trasparenti, le quali non si presentano come grandemente performanti.

L'edificio è infatti stato costruito nel 1974, quando le normative vigenti non prescrivevano alcun limite sulle performance termiche.

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir E8.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

l'edificio è caratterizzato da un involucro con dispersioni localizzate in corrispondenza della struttura portante dell'edificio e dei ponti termici geometrici con serramenti estremamente poco prestanti.

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

Figura 4.1 - Particolare di una porzione di involucro



Figura 4.2 - Particolare della copertura, ripresa attraverso una griglia metallica

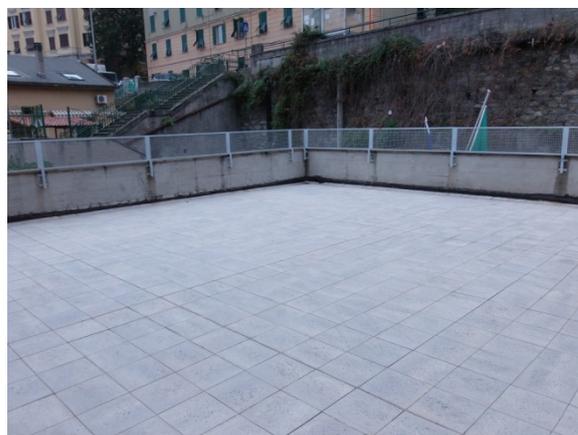
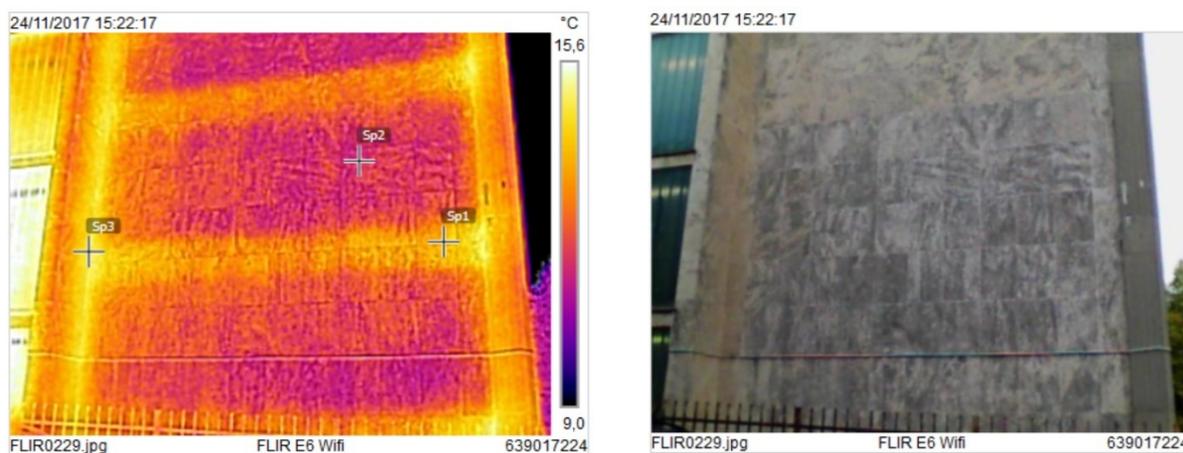


Figura 4.3 –Rilievo termografico della parate nord-est

(immagine termografica – immagine visibile)



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	C1	40	Assente	0,92	Sufficiente
Parete verticale di spessore 10 CM	M1	10	Assente	2,05	Sufficiente
Parete verticale di spessore 12 CM	M2	12	Assente	2,05	Sufficiente
Parete verticale di spessore 15 CM	M3	15	Assente	2,05	Sufficiente
Parete verticale di spessore 16CM	M4	16	Assente	1,565	Sufficiente
Parete verticale di spessore 18 CM	M5	18	Assente	1,565	Sufficiente
Parete verticale di spessore 22 CM	M6	22	Assente	0,869	Sufficiente
Parete verticale di spessore 25 CM	M7	25	Assente	1,016	Sufficiente
Parete verticale di spessore 30 CM	M8	30	Assente	1,039	Sufficiente
Parete verticale di spessore 32 CM	M9	32	Assente	1,298	Sufficiente
Parete verticale di spessore 35 CM	M10	35	Assente	1,565	Sufficiente
Parete verticale di spessore 38 CM	M11	38	Assente	1,029	Sufficiente
Parete verticale di spessore 40 CM	M12	40	Assente	0,986	Sufficiente
Parete verticale di spessore 50 CM	M13	50	Assente	0,815	Sufficiente
Parete verticale di spessore 60 CM	M14	60	Assente	0,695	Sufficiente
Parete verticale di spessore 65 CM	M15	65	Assente	0,65	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso ZNR di spessore 10 CM	M16	10	Assente	1,732	Buono
Parete verticale prefabb. Verso ZNR di spessore 15 CM	M17	15	Assente	1,690	Buono
Parete verticale prefabb. Verso ZNR di spessore 16 CM	M18	16	Assente	1,551	Buono
Parete verticale prefabb. Verso ZNR di spessore 30 CM	M19	30	Assente	1,551	Buono
Parete verticale prefabb. Verso ZNR di spessore 35 CM	M20	35	Assente	1,690	Buono
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 10 CM	M21	10	Assente	2,746	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 11 CM	M22	11	Assente	2,677	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 12 CM	M23	12	Assente	3,757	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 13 CM	M24	13	Assente	2,548	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 14 CM	M25	14	Assente	2,488	Sufficiente

Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 15 CM	M26	15	Assente	2,431	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 16 CM	M27	16	Assente	2,377	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 25 CM	M28	25	Assente	1,978	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 34 CM	M29	34	Assente	1,693	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 37 CM	M30	37	Assente	1,616	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 46 CM	M31	46	Assente	1,421	Sufficiente
Parete verticale prefabb. Verso interno di spessore 68 CM	M32	68	Assente	1,097	Sufficiente
Solaio su vespaio / ZNR	P1	38	Assente	1,98	Sufficiente
Pavimento verso ZNR	P2	38	Assente	1,235	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da una varietà di tipologie di serramenti: sia metallici, sia plastici; sia con vetro singolo, sia con vetro doppio; sia U-Glass, sia serramenti apribili.

Lo stato di conservazione degli stessi è accettabile, alcuni serramenti appaiono più recenti di altri, ma si rilevano comunque infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti, causando dispersioni termiche e creando condizioni di discomfort termico per gli utenti.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti - U-Glass



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

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti originari con vetro singolo da 6 mm
- Dispersioni termiche dai telai con "spifferi" all'intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.5 –Rilievo termografico dei serramenti - esempio



Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2, i quali scollano tra un valore massimo e minimo riportati in tabella e calcolati con la norma 10077-1:2007 e la norma UNI TS 11300-1:2014 norma UNI.

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 140x300	F1	140x300	Metallo	Vetro semplice	5,74	Scarso
Serramento verticale 320x135	F2	320x135	Metallo	Vetro semplice	5,74	Scarso
Serramento verticale 50x250	F3	50x250	Metallo	Vetro semplice	5,773	Scarso
Serramento verticale 105x250	F4	105x250	Metallo	Vetro semplice	5,746	Scarso
Serramento verticale 215x140	F5	215x140	Metallo	Vetro semplice	5,742	Scarso
Serramento verticale 200x300	F6	200x300	Metallo	Vetro semplice	5,734	Scarso
Serramento verticale 165x300	F7	165x300	Metallo	Vetro semplice	5,737	Scarso
Serramento verticale 100x140	F8	100x140	Metallo	Vetro semplice	5,755	Scarso
Serramento verticale 130x140	F9	130x140	Metallo	Vetro semplice	5,750	Scarso
Serramento verticale 80x140	F10	80x140	Metallo	Vetro semplice	5,761	Scarso
Serramento verticale 100x140	F11	100x140	Metallo	Vetro semplice	5,755	Scarso
Serramento verticale 110x290	F12	110x290	Metallo	Vetro semplice	5,745	Scarso
Serramento verticale 150x190	F13	150x190	Metallo	Vetro semplice	5,743	Scarso
Serramento verticale 450x130	F14	450x130	PVC	Vetro semplice	5,239	Scarso
Serramento verticale 100x140	F15	100x140	PVC	Vetro doppio	2,85	Medio
Serramento verticale 100x140 tende interne	F16	100x140	PVC	Vetro doppio	2,85	Medio
Serramento verticale 240x130	F17	240x130	PVC	Vetro semplice	5,192	Medio

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

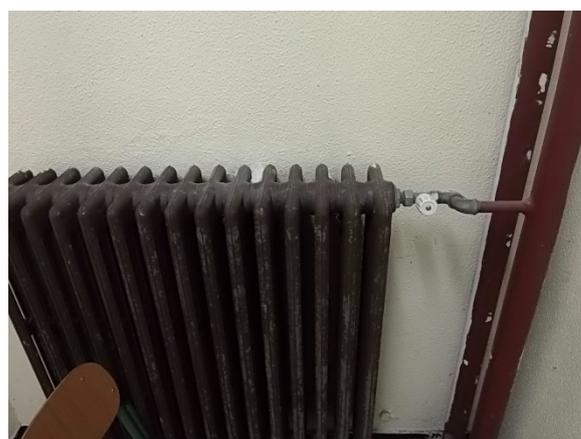
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

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

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6– Particolari del sottosistema di emissione: un radiatore posto all'interno di un'aula



I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono i seguenti:

Tabella 4.3 - Rendimenti del sottosistema di emissione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Intero edificio	termosifoni	94%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA (x)	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	24	48,03	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	17	26,31	0,00
Secondo	Su parete interna/esterna non isolata	22	35,03	0,00
Terzo	Su parete interna/esterna non isolata	18	22,60	0,00
Quarto	Su parete interna/esterna non isolata	21	33,94	0,00
TOTALE		102	131,97	0,00

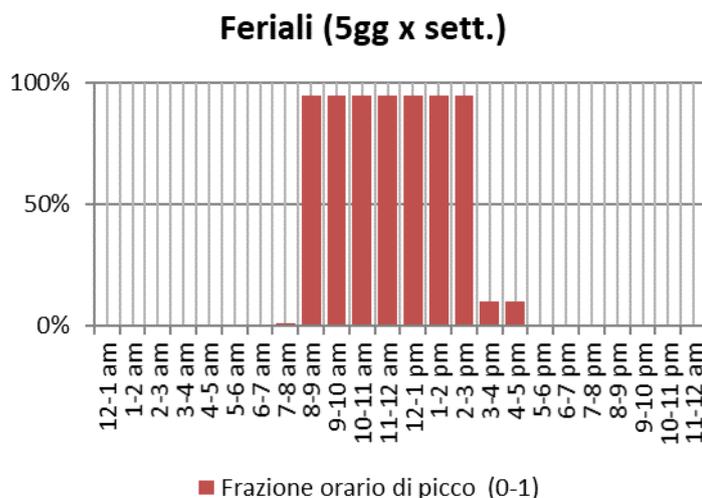
Nota (X): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

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

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento dell'impianto



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Edificio	Climatica	85%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da una elettropompa gemellare con funzionamento alternato.

Figura 4.8 - Pompa gemellare SALMSON



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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽²⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽³⁾ [W]
Pompa gemellare	Riscaldamento	-	-	730

SALMSON DCX80-25

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

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

Nota (3): Valori ricavati da dati di targa

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

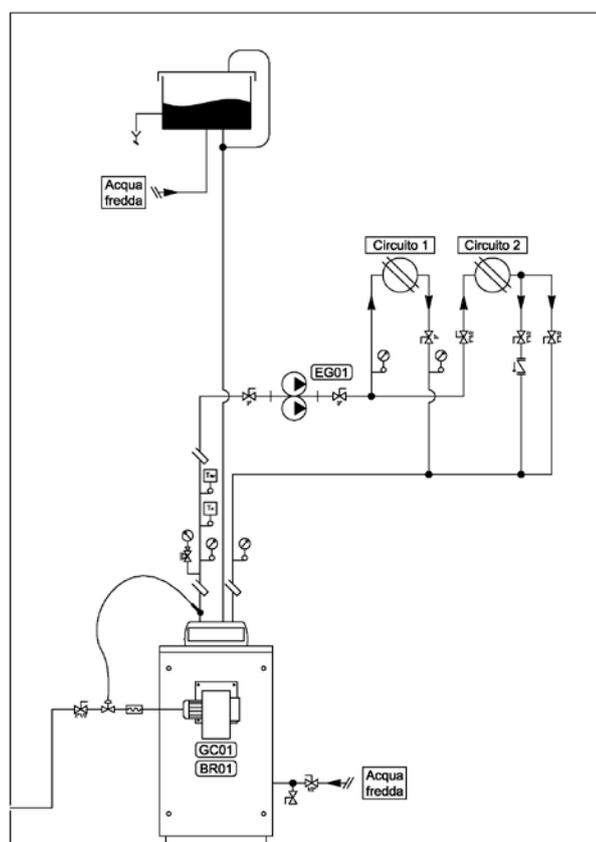
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽²⁾
			°C	°C
GEN1	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	50

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

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Figura 4.9a - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola123-P00-015-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 95% (riferimento normativo 11300-2).

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da un generatore Riello, modello 3600 360 BTS, abbinato a bruciatore CuenodC60 GX 507/8, anno di costruzione 2008.

Figura 4.10 - Caldaia e bruciatore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella seguente tabella

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche generatore e bruciatore

SERVIZIO	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1 Riscaldamento	RIELLO	3600 360 BTS	n/d	465,00	425,50	91,5%	n/d

Nota (1) rendimento da scheda tecnica

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 83%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 91,5%.

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

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 [e/o 6.2] dell'Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è sostanzialmente legato all'uso dei bagni da parte

Figura 4.11 - Uno dei boiler elettrici presenti nei servizi igienici per la produzione di ACS autonoma

degli alunni e del personale, oltre che della mensa.

Sono installati n. 4 boiler elettrici di potenza 1200 W l'uno; i 4 apparecchi sono installati rispettivamente 2 al piano terra, 1 al piano secondo, 1 al piano terzo. Ove non presenti, non è presente il servizio ACS, ma solo l'erogazione di acqua fredda.



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.9, uguali per tutti e quattro i Sistemi Impiantistici.

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO ⁽¹⁾	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO ⁽²⁾	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽³⁾
-	-	-	-	0,75 %	0,273%

Nota (1): sottosistema non presente

Nota (2): sottosistema non presente

Nota (3): Fonte: modellazione energetica.

L'elenco dei componenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 7 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non presente

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non presente.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

Tali tipologie di utenze sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
-------------	-------------	--------	------------------	---------------------	-----------------------

			[W]	[W]	[ore]
Z3, Z5	Computer Desktop	5	190	950	615 (3h x 205 gg)
Z4	Stampante Multifunzione	1	600	600	68(0,33h x 205 gg)
Z4	Stampante da tavolo	3	300	900	20 (0,1h x 205 gg)
Z4	Fax	1	1,5	1,5	8.760(24h x 365 gg)
Z3	Videoregistratore	1	90	90	14(0,36h x 40 gg)
Z2	Distributore bevande/snack	1	1500	1500	68(0,33h x 205 gg)
Z3	TV	2	300	600	20 (0,1h x 205 gg)
Z4	Forno elettrico	1	800	800	68(0,33h x 205 gg)

L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti di diversa potenza.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella scuola materna

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



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.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Z1 (Piano Terra + Palestra)	fluorescente 36 W	6	0,036	0,216
	fluorescente 18 W	3	0,018	0,054
	fluorescente 2x36 W	31	0,072	2,232
Z2 (Piano primo)	fluorescente 36 W	14	0,036	0,504
	fluorescente 18 W	9	0,018	0,162
	fluorescente 2x36 W	19	0,072	1,368
Z3 (Piano secondo)	fluorescente 36 W	42	0,036	1,512
	fluorescente 18 W	12	0,018	0,216
	fluorescente 2x36 W	3	0,072	0,216
Z4 (Piano terzo)	fluorescente 36 W	13	0,036	0,468
	fluorescente 18 W	10	0,018	0,18
	fluorescente 2x36 W	20	0,072	1,44
Z5 (Piano quarto)	fluorescente 36 W	13	0,036	0,468
	fluorescente 18 W	10	0,018	0,18

	fluorescente 2x36 W	20	0,072	1,44
Z1 (Piano terra)	Esterni	6	0,25	1,5

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

Non presente

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore con il seguenti PDR:

- PDR1: 3270049248773

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Smc]	[Smc]	[Smc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270049248773	Riscaldamento	12.720	16.103	18.861	119.820	151.692	177.671

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

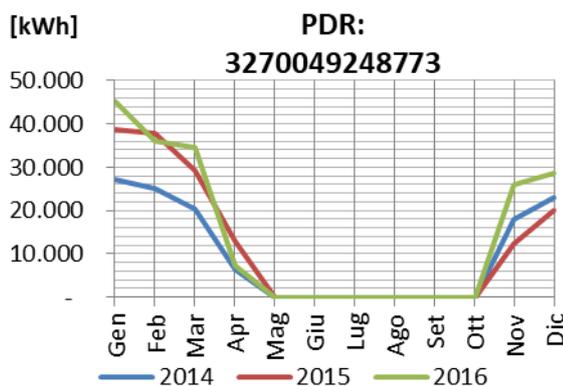
La ripartizione dei consumi annuali di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella Tabella 5.3

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

PDR: 3270049248773	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	2.892	4.123	4.804	27.239	38.836	45.254
Feb	2.661	4.031	3.819	25.069	37.970	35.976
Mar	2.152	3.114	3.671	20.270	29.331	34.583
Apr	676	1.372	765	6.364	12.927	7.208
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	1.895	1.325	2.748	17.854	12.486	25.884
Dic	2.445	2.138	3.054	23.027	20.140	28.765
Totale	12.720	16.103	18.861	119.822	151.690	177.671

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_{real,i} del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3, definendo il fattore di normalizzazione \bar{a}_{rif} come di seguito riportato:

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU [109] GIORNI	GG _{RIF} SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	883	929	12.720	119.822	135,7	126.065	0	0
2015	877	929	16.103	151.690	173,0	160.684	0	0
2016	918	929	18.861	177.671	193,5	179.800	0	0
Media	893	929	15.895	149.728	167	155.516	0	0

Come si può notare dai dati riportati, il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento dei consumi altalenante.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
\bar{Q}_{ACS}	0,0
\bar{Q}_{ALTRO}	0,0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	155.516
$Q_{baseline}$	155.516

5.1.2 Energia elettrica

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

- POD1: IT001E00097062

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

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

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

Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche sono riportati nella seguente tabella con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097062	Intero edificio	16.605	17.036	17.670	17.104

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E1381.xlsx) e sono emerse le seguenti differenze:

- I dati ricavati dalle fatture sono minori rispetto a quelli riportati nel file kyotoBaseline-E1352
- Nell'anno 2014, considerando per il mese mancante i consumi del mese precedente, la differenza è pressoché nulla (50 kWh) rispetto al file kyotoBaseline-E1352.xlsx. Pertanto si è provveduto ad impostare il valore fittizio per avere i due valori identici, e, per calcolare i valori F1-F2-F3, si è proceduto a fare una proporzione sul mese precedente.
- Nel 2015 e nel 2016 la differenza riscontrata rispetto al filekyotoBaseline-E1352.xlsx è di 2.600 kWh in meno per ciascun anno.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 16.605 kWh; anno 2015 19.670 kWh; anno 2016 20.317 kWh.

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 17.104 kWh.

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

POD: IT001E00097062	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-14	1.756	195	368	2.319
Feb-14	1.668	184	288	2.140
Mar-14	1.323	176	285	1.784
Apr-14	1.096	145	227	1.468
Mag-14	900	148	245	1.293
Giu-14	562	127	233	922
Lug-14	151	85	147	383
Ago-14	93	76	147	316
Set-14	692	155	227	1.074
Ott-14	1.222	152	190	1.564
Nov-14	1.290	150	256	1.696
Dic-14*	1.252	146	248	1.646
Totale	1.2005	1.739	2.861	16.605
POD: IT001E00097062	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-15	1.564	177	279	2.020

Feb-15	1.713	229	290	2.232
Mar-15*	1.189	159	201	1.549
Apr-15	674	106	167	947
Mag-15	1.102	203	339	1.644
Giu-15	608	130	235	973
Lug-15	112	65	113	290
Ago-15	79	58	117	254
Set-15	659	135	235	1.029
Ott-15	1.427	224	266	1.917
Nov-15	1.568	276	400	2.244
Dic-15	1.316	235	386	1.937
Totale	1.2011	1.997	3.028	17.036
POD: IT001E00097062	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-16	1.511	279	442	2.232
Feb-16	1.173	218	322	1.713
Mar-16*	1.173	218	322	1.713
Apr-16	1.131	215	319	1.665
Mag-16	1.311	172	228	1.711
Giu-16	651	135	219	1.005
Lug-16	97	79	135	311
Ago-16	101	72	137	310
Set-16	744	158	217	1.119
Ott-16	1.352	201	271	1.824
Nov-16	1.691	195	279	2.165
Dic-16	1.282	225	395	1.902
Totale	12.217	2.167	3.286	17.670

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

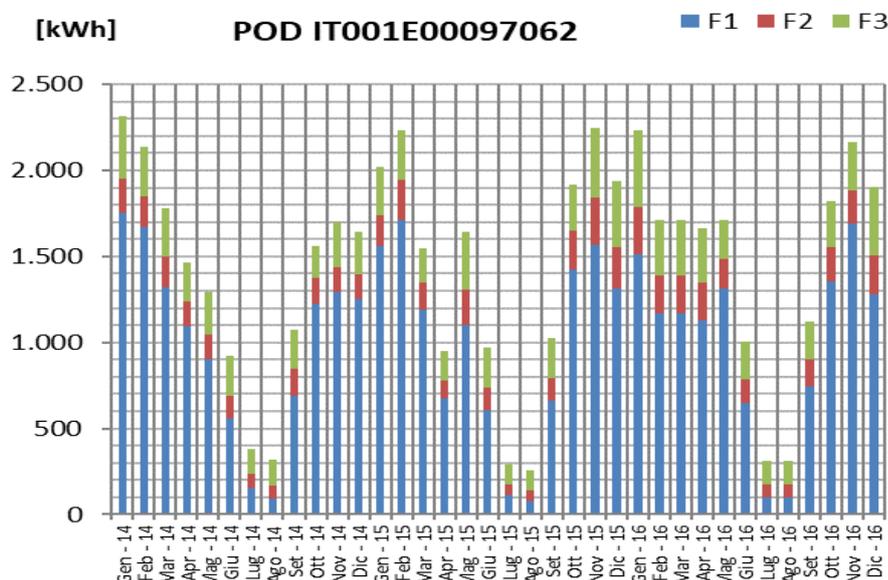
Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.610	217	363	2.190
Feb	1.518	210	300	2.028
Mar	1.228	184	269	1.682
Apr	967	155	238	1.360
Mag	1.104	174	271	1.549
Giu	607	131	229	967
Lug	120	76	132	328
Ago	91	69	134	293
Set	698	149	226	1.074
Ott	1.334	192	242	1.768
Nov	1.516	207	312	2.035

Dic	1.283	202	343	1.828
Totale	12.078	1.968	3.059	17.104

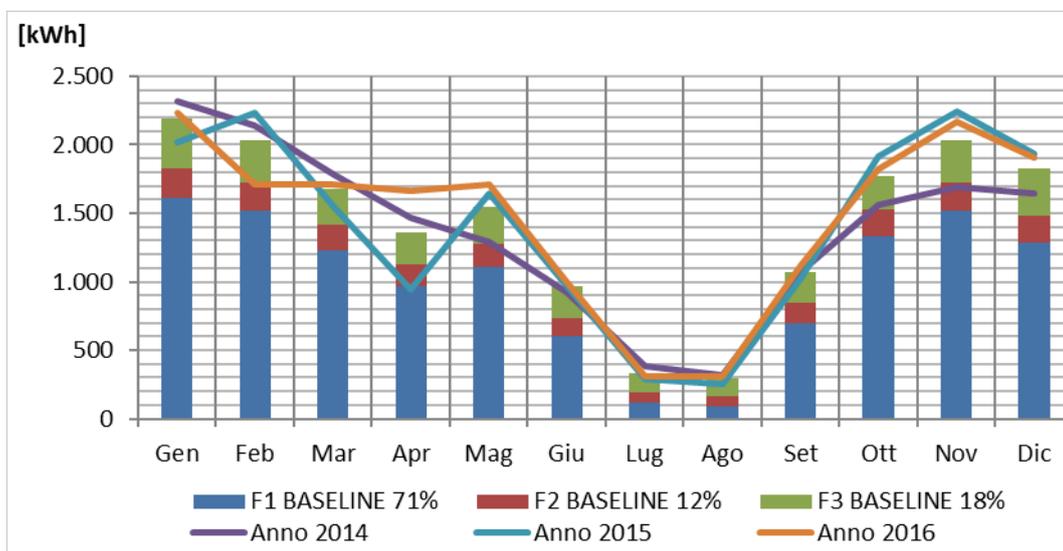
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2–Profili mensili di Baseline riferimento



L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in tabella 5.2.

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 costanti durante tutti i mesi dell'anno tranne per i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola.

I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti maggiori nei mesi invernali, durante i quali si utilizza maggiormente l'illuminazione, e più bassi per i mesi primaverili/autunnali. I consumi sono invece molto bassi durante i mesi estivi (luglio e agosto) di

chiusura della scuola, periodo durante il quale la struttura viene utilizzata saltuariamente solo dal corpo docenti.

Per il POD IT001E00097062 non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica in quanto i dati per questo POD non sono disponibili.

In considerazione del fatto che sul portale e-distribuzione sono presenti le letture dei contatori con potenza superiore a 55 kW, non è stato possibile effettuare l'analisi dei profili orari dei consumi elettrici del POD IT001E00097062.

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

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

La procedura utilizzata per le stime è la seguente:

- essendo il fabbricato non utilizzato per tutto il mese di agosto è possibile ipotizzare che i consumi di tale mese siano simili per ciascun giorno, ricavando quindi il consumo giornaliero dell'edificio in assenza di fruizione; è stato quindi possibile assumere per l'edificio oggetto di DE un consumo di base costante di circa 10 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

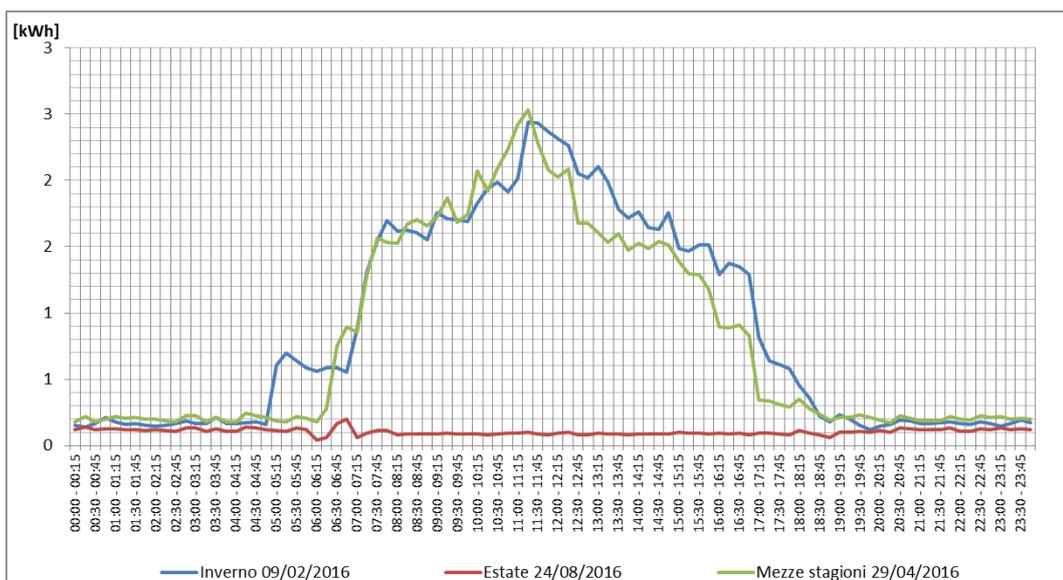
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

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

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

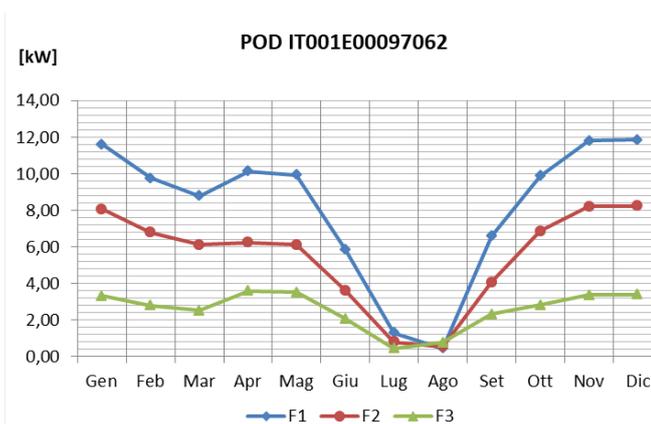
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00097062



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto ai limitati consumi dell’edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 19 fino al mattino alle 6.30), e all’entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l’andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l’edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezze stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00097062



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

Il prelievo di potenza massima stimato è pari a 11,85 kW e si verifica nel mese di Dicembre in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.10.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

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

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

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

Tabella 5.11–Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	17.104	* 0,467	7,99
Gas naturale	148.656	* 0,202	30,03

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 CONSUMI RILEVATI 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	2.892	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.915	m ³
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	13.120	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	155.516	1,05	163.292	56,5	56,0	12,4	10,86	10,78	2,39
Energia elettrica	17.104	2,42	41.391	14,3	14,2	3,2	2,76	2,74	0,61
TOTALE			204.683	71	70	16	14	14	3

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]
Gas naturale	155.516	1,05	163.292	56,5	56,0	12,4	10,86	10,78	2,39
Energia elettrica	17.104	1,95	33.352	11,5	11,4	2,5	2,76	2,74	0,61
TOTALE			196.644	68	67	15	14	14	3

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

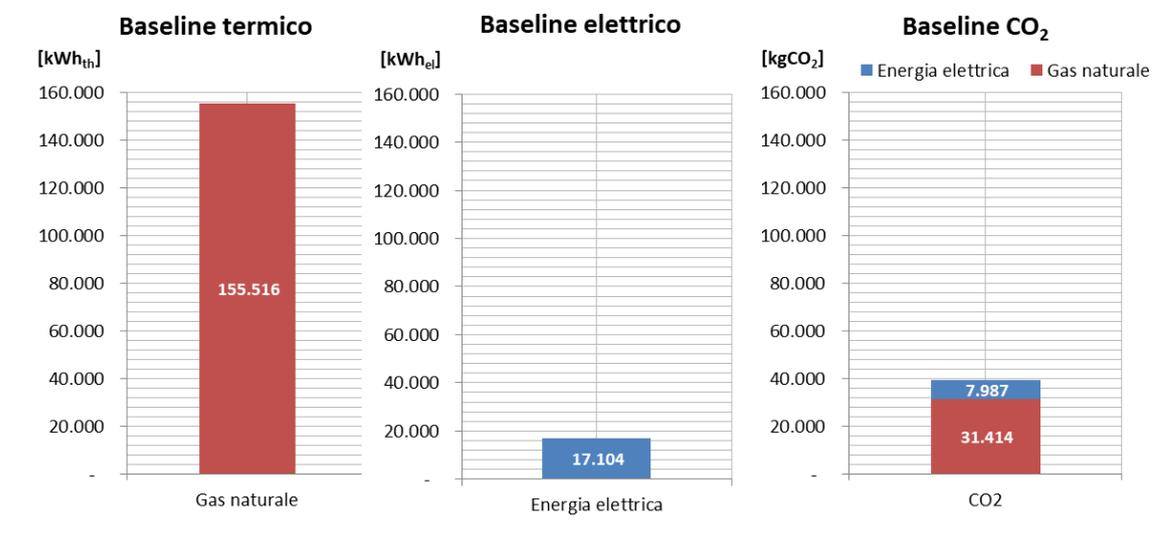


Figura 5.7– Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

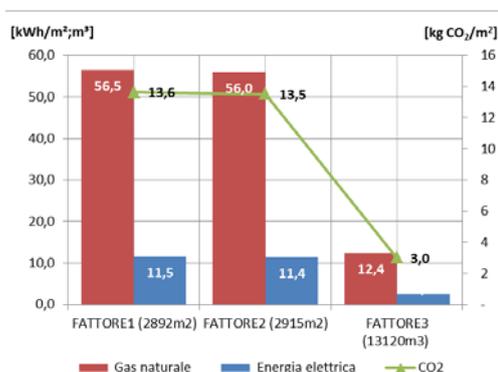
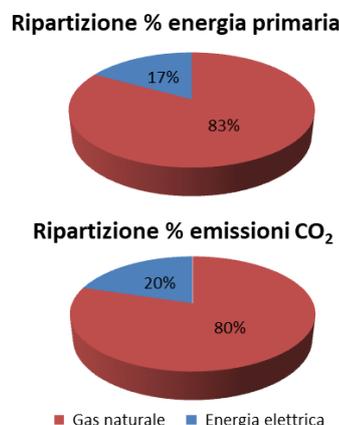


Figura 5.8–Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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:

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

Si sottolinea che non è stato possibile distinguere la quota parte per ciascun grado di istruzione ed è pertanto stato fatto un calcolo unico per tutto l'edificio, pertanto il calcolo è stato rifatto più volte, immaginando ogni volta che tutto il consumo fosse attribuito a ciascun grado di istruzione presente nell'IC.

Tabella 5.16–Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	6,70	8,48	9,94			
Energia elettrica				4,05	4,16	4,31

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA- FIRE, ottenendo valori BUONI per i due indici.

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

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	297,93	321,13
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	209,49	210,73
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	57,96	71,93
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	29,60	36,73
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,89	1,11
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	-	69,5

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	U.M.	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
			[kWh/anno]
Gas Naturale	59.553,26	[m ³ /anno]	590.917,22
Energia Elettrica	138.617,80	[kWh/anno]	270.304,71

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(1)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (1): Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell'edificio e le temperature interne stimate a seguito del sopralluogo.

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

Nella Tabella 6.6 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 NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	88,63	96,78
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	56,57	56,99
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,57	1,95
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	29,60	36,73
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,89	1,11
Emissioni equivalenti di CO ₂ ^(k)	CO _{2eq}	kg/mq anno	-	25,38

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

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

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

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

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

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	16.034	151.040
Energia elettrica		17.870

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 0 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 [%]
151.040	148.656	1,6%

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 0 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

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

EE _{teorico}	EE _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
17.870	17.104	4,3

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

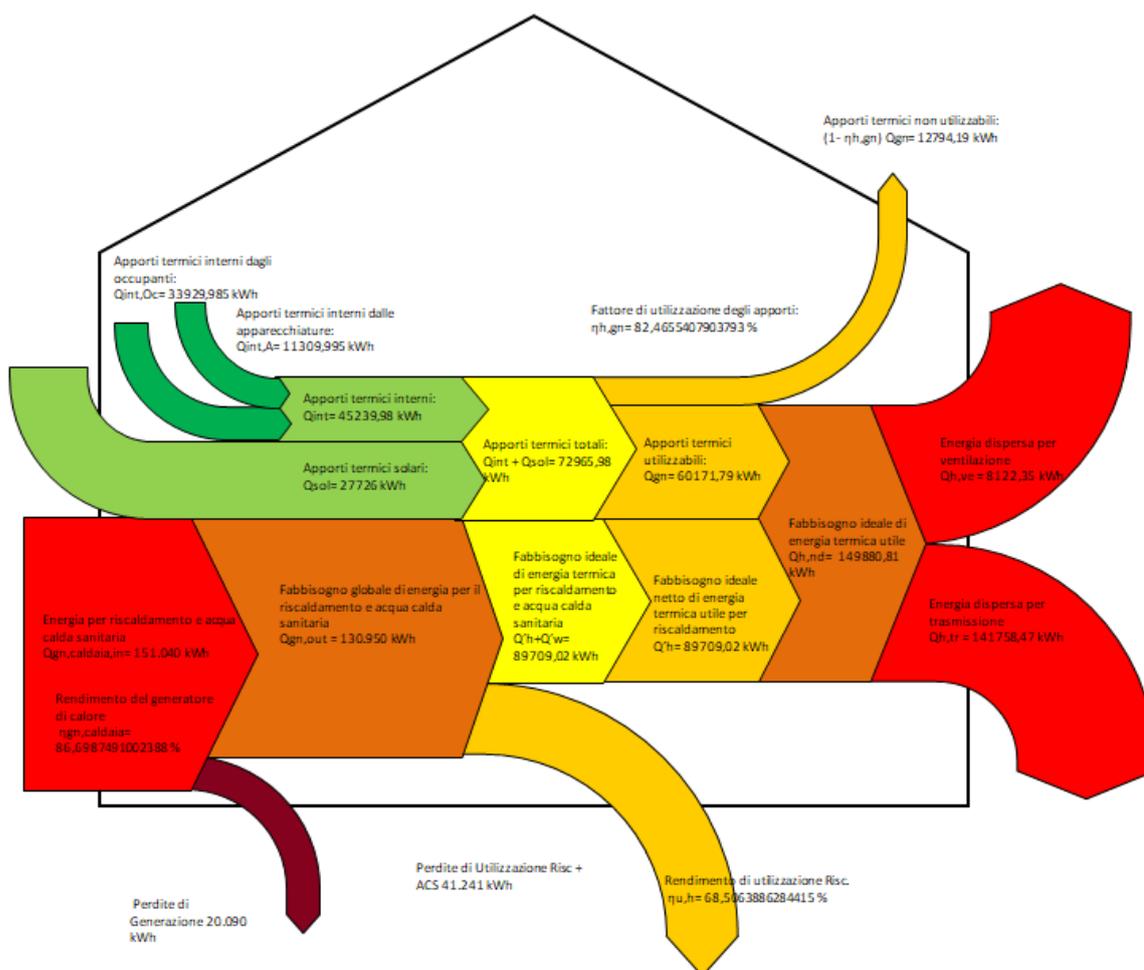
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

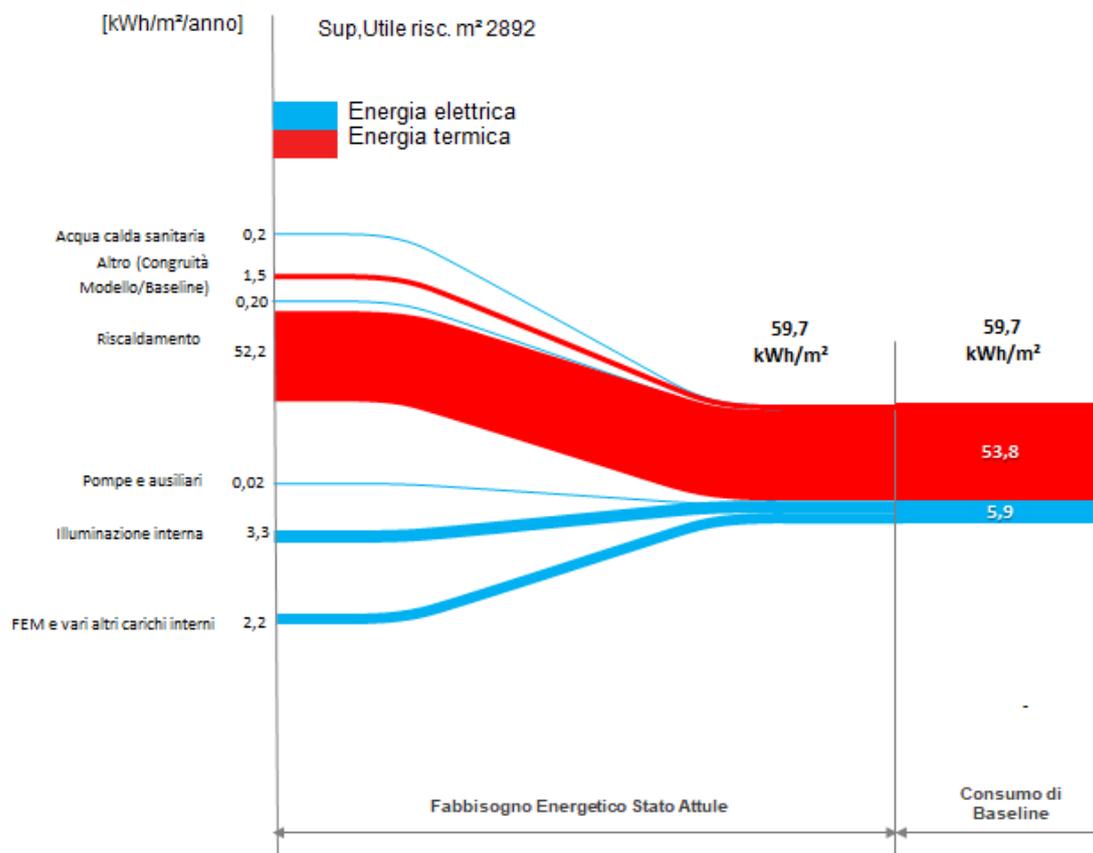
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che l’edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabili. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 82% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento è 68%.

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

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



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

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

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

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

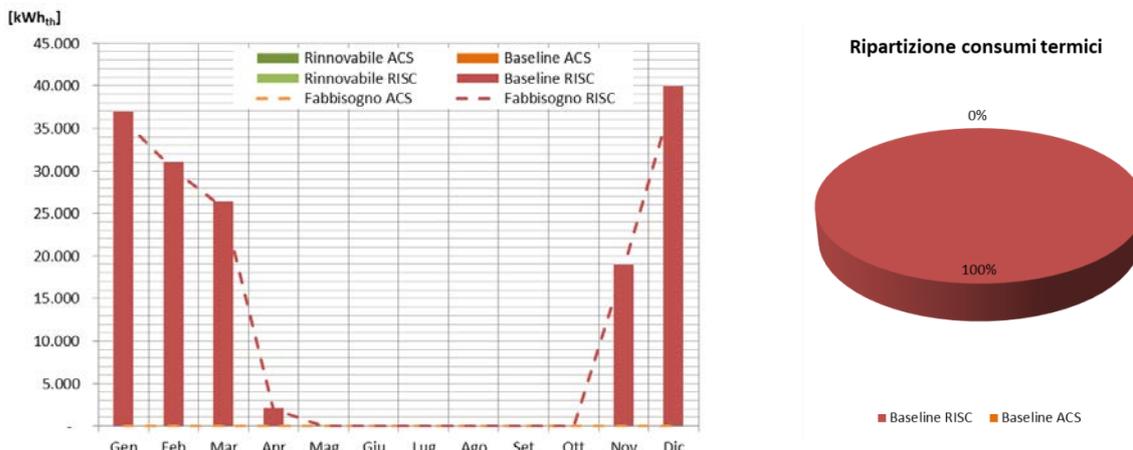
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio   possibile notare che il gas naturale   impiegato interamente per il riscaldamento, mentre il servizio di produzione di ACS viene soddisfatto mediante vettore elettrico. Il principale utilizzo dell'energia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

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



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

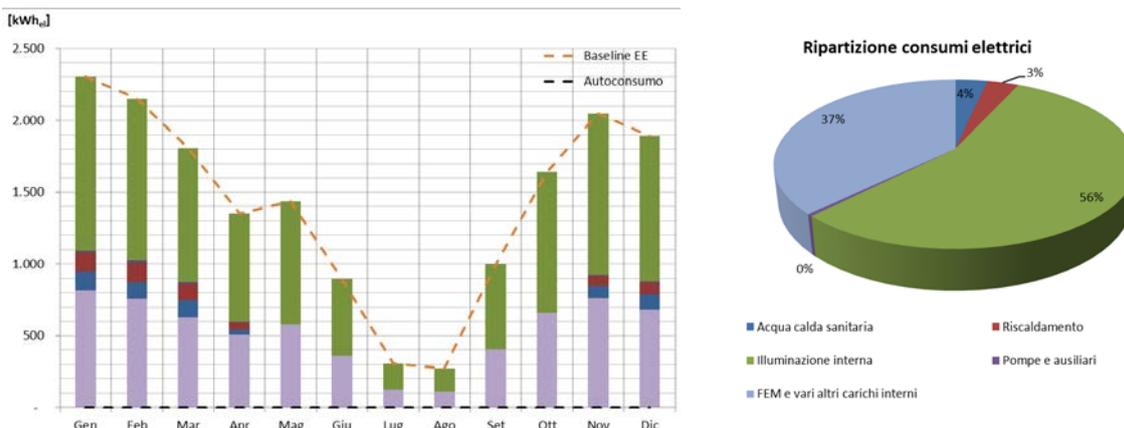
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

Figura 6.4 – Andamento stagionale dei consumi elettrici, ripartiti tra le varie utenze, ricavati dalla modellazione



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo FEM ed all'impianto illuminazione interna, pertanto, uno degli interventi migliorativi proposti andrà ad interessare l'impianto di illuminazione.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico riferito al PDR 3270049248773 avviene tramite un 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.

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

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

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

Tabella 7.1 Prezzo unitario mensile 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,080
Feb - 17	0,080
Mar - 17	0,080
Apr - 17	0,078
Mag - 17	0,078
Giu - 17	0,078
Lug - 17	-
Ago - 17	-
Set - 17	-
Ott - 17	0,078
Nov - 17	0,078
Dic - 17	0,078
Media, CuQ	0,079

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

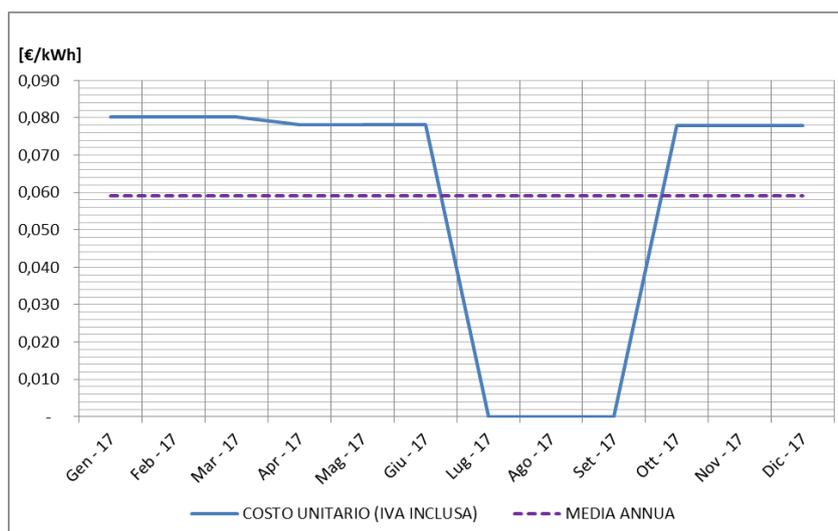


Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00097062 avviene tramite un contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD:IT001E00097062	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	COMUNE DI GENOVA, via di Francia 1 16124 Genova GE		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA, via di Francia 1 16124 Genova GE	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9 16124 Genova GE	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9 16124 Genova GE
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/10/2013 - 01/04/2015	01/04/2015 – 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2015 - 31/03/2016	31/03/2016 – info non disponibile
Potenza elettrica impegnata	48,00 kW	48,00 kW	18,00 kW
Potenza elettrica disponibile	48,00 kW	48,00 kW	48,00 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	BTA6	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07 €/kWh	0,04 €/kWh	0,08 €/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.

Nelle seguenti tabelle si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti. Alcune bollette sono risultate mancanti, perciò tali valori non sono stati riportati in relazione.

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

POD:IT001E0009 7062	VENDITA	DISPACCIAM ENTO	RETE	ACCISE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 181,96	€ 30,00	€ 238,66	€ 34,12	€ 48,47	533	2.319	0,230	0,230
Febbraio	€ 168,91	€ 27,70	€ 220,04	€ 26,75	€ 44,34	488	2.140	0,228	0,228
Marzo	€ 139,78	€ 23,08	€ 185,24	€ 22,30	€ 37,04	407	1.784	0,228	0,228
Aprile	€ 115,13	€ 25,74	€ 162,18	€ 18,35	€ 32,14	354	1.468	0,241	0,241
Maggio	€ 99,88	€ 22,24	€ 143,30	€ 16,16	€ 28,16	310	1.293	0,240	0,240
Giugno	€ 69,56	€ 15,85	€ 111,83	€ 11,53	€ 20,88	230	922	0,249	0,249
Luglio	€ 27,64	€ 6,11	€ 51,95	€ 4,79	€ 9,05	100	383	0,260	0,260
Agosto	€ 22,19	€ 5,06	€ 41,76	€ 3,95	€ 7,30	80	316	0,254	0,254
Settembre	€ 81,76	€ 17,16	€ 127,01	€ 13,43	€ 23,94	263	1.074	0,245	0,245
Ottobre	€ 121,98	€ 22,92	€ 173,76	€ 19,55	€ 33,82	372	1.564	0,238	0,238
Novembre	€ 129,70	€ 24,88	€ 186,98	€ 21,20	€ 36,28	399	1.696	0,235	0,235
Dicembre ¹	€ 125,88	€ 24,15	€ 181,47	€ 20,58	€ 35,21	387	1.646	0,235	0,235
Totale	1.284	245	1.824	213	357	3.923	16.605	0,236	0,236
POD:IT001E0009 7062	VENDITA	DISPACCA MENTO	RETE	ACCISE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 268,14	€ 50,61	€ 421,62	€ 45,97	€ 74,04	860	2.020	0,426	0,426
Febbraio	€ 133,26	€ 25,84	€ 215,23	€ 24,14	€ 39,84	438	2.232	0,196	0,196
Marzo ¹	€ 92,48	€ 17,93	€ 149,37	€ 16,75	€ 27,65	304	1.549	0,196	0,196
Aprile	€ 43,25	€ 11,84	€ 119,30	€ 11,84	€ 18,63	205	947	0,216	0,216
Maggio	€ 53,22	€ 15,17	€ 140,25	€ 15,23	€ 22,39	246	1.644	0,150	0,150
Giugno	€ 49,89	€ 14,72	€ 137,62	€ 14,80	€ 21,70	239	973	0,245	0,245
Luglio	€ 41,11	€ 11,14	€ 127,08	€ 12,71	€ 15,69	208	290	0,716	0,716
Agosto	€ 40,66	€ 11,41	€ 129,35	€ 13,08	€ 12,95	207	254	0,817	0,817
Settembre	€ 49,45		€ 128,00	€ 12,86	€ 3,49	194	1.029	0,188	0,188
Ottobre	€ 50,41		€ 135,48	€ 13,36	€ 19,93	219	1.917	0,114	0,114
Novembre	€ 48,37		€ 137,97	€ 13,74	€ 31,84	232	2.244	0,103	0,103
Dicembre	€ 52,43		€ 146,65	€ 15,05	€ 38,21	252	1.937	0,130	0,130
Totale	923	159	1.988	210	326	3.605	17.036	0,212	0,212
POD:IT001E000 97062	VENDITA	DISPACCA MENTO	RETE	ACCISE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 99,23		€ 226,51	€ 27,90	€ 35,36	389	2.232	0,174	0,174
Febbraio	€ 71,83		€ 176,47	€ 21,41	€ 26,97	297	1.713	0,173	0,173
Marzo ¹	€ 71,83		€ 176,47	€ 21,41	€ 26,97	297	1.713	0,173	0,173
Aprile	€ 87,41	€ 52,57	€ 125,47	€ 20,81	€ 28,63	315	1.665	0,189	0,189
Maggio	€ 96,57	€ 50,48	€ 128,60	€ 21,39	€ 29,70	327	1.711	0,191	0,191
Giugno	€ 59,77	€ 36,57	€ 80,52	€ 12,56	€ 18,94	208	1.005	0,207	0,207
Luglio	€ 21,54	€ 7,78	€ 17,68	€ 3,89	€ 5,09	56	311	0,180	0,180
Agosto	€ 19,67	€ 7,70	€ 17,63	€ 3,88	€ 4,89	54	310	0,173	0,173
Settembre ²	€ 81,51	€ 40,13	€ 88,17	€ 13,99	€ 22,38	246	1.119	0,220	0,220
Ottobre	€ 148,21	€ 57,35	€ 136,72	€ 22,80	€ 36,51	402	1.824	0,220	0,220

Novembre ²	€ 194,91	€ 63,11	€ 160,02	€ 27,06	€ 44,51	490	2.165	0,226	0,226
Dicembre	€ 160,78	€ 65,64	€ 142,05	€ 23,78	€ 39,23	431	1.902	0,227	0,227
Totale	1.113	381	1.476	221	319	3.511	17.670	0,199	0,199

Nota (1) dati ricavati per assimilazione

Nota (2): valori derivanti da fatture a conguaglio

Nel grafico in Figura 7.2 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

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

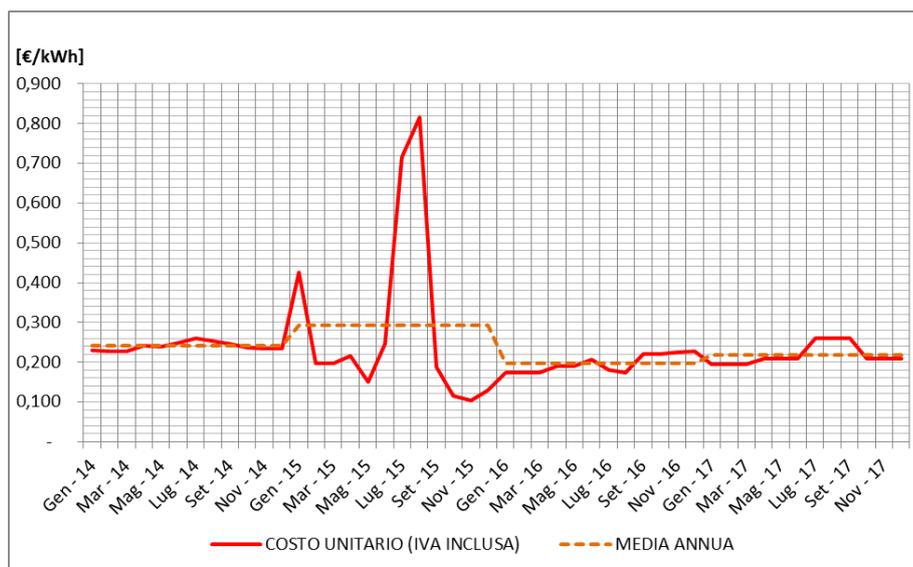
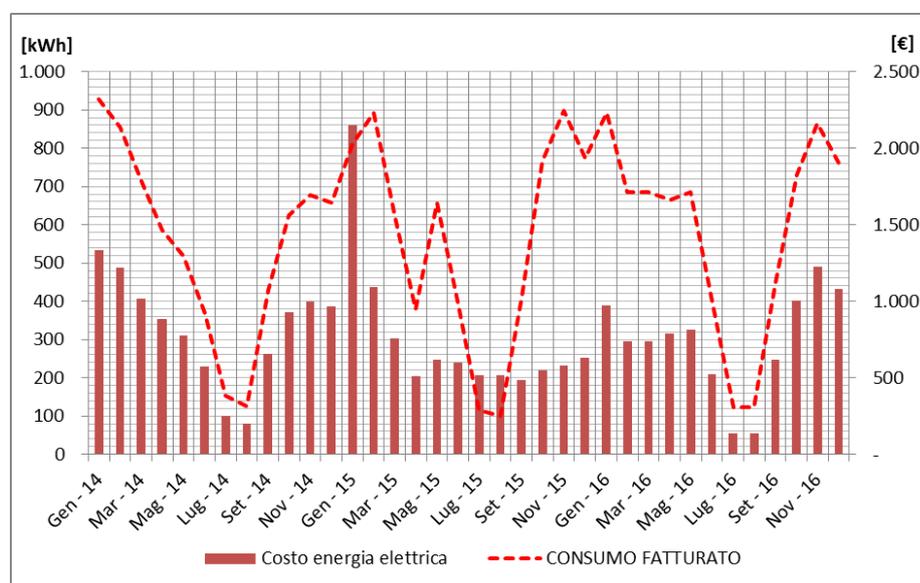


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



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

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 7.3 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati, tenendo conto che per il gas non sono disponibili le bollette e che per l'energia elettrica queste sono parziali.

Tabella 7.3 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	219.820	n.d.	n.d.	16.605	10.777,04	0,236
2015	151.692	n.d.	n.d.	17.072	9.489,15	0,212
2016	177.671	n.d.	n.d.	17.670	9.461,33	0,199
Media	149.727,67	n.d.	n.d.	17.116	9.969,17	0,216

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore ARERA ridotto del 5%	C _{UQ}	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore ARERA ridotto del 5%	C _{UEE}	0,219 [€/kWh]

Nota 1: Valori 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:

- L1-042-123: 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 7.5 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o	14.315 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s	3.805 [€/anno]

Nota: Valori al lordo dell'IVA

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

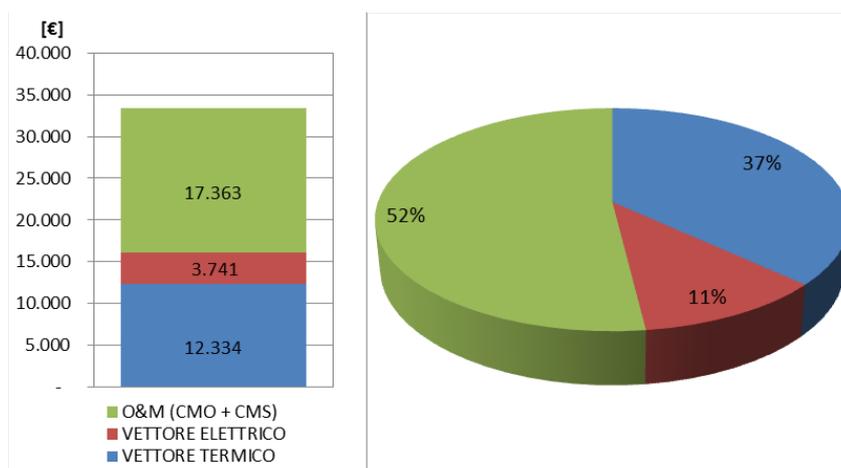
Ne risulta quindi un C_E pari a 15.511 € e un C_{baseline} pari a 33.632 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	CQ+CEE+CM
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
155.516	0,079	12.334	17.104	0,219	3.741	17.363	13.717	3.646	33.438

Nota: Valori al lordo dell'IVA

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM2: Sostituzione serramenti

Generalità

Visto lo stato di conservazione non buono dei serramenti attualmente esistenti nella scuola l'intervento ne prevede la sostituzione, anche se, come vedremo, nell'analisi costi-benefici questo scenario non dà esito particolarmente positivo.

Risulterebbe comunque privo di senso sostituire solo una parte dei serramenti dell'edificio, in quanto questa operazione porterebbe a benefici parziali sia in termini di benessere termigrometrico, sia in termini di risparmio energetico.

Si prevede la sostituzione anche degli U-Glass e degli elementi in vetrocemento con elementi dalle analoghe caratteristiche estetiche, ma aventi prestazioni come da richiesta minima normativa.

Figura 8.1 - Particolare serramenti da sostituire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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



Serramenti in legno/PVC/alluminio con trasmittanza complessiva pari a 2,0W/m²K pari al limite normativo

Si avrà cura nel mantenere il medesimo aspetto estetico del fabbricato, in quanto ci si trova in zona di vincolo "Bellezze di insieme" e gli interventi che riguardano le parti esterne/l'involucro devono essere assoggettati ad autorizzazione paesaggistica.

Descrizione dei lavori

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

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

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

I fissaggi dovranno trasmettere all'edificio, con la necessaria sicurezza, tutte le forze che agiscono a livello della finestra, tenendo conto dei movimenti che intervengono nella zona di raccordo. Nella fase di progettazione valutare le condizioni della struttura esistente, il rilevamento delle forze agenti nella zona di raccordo e dei movimenti che interessano tale zona. A seguito di tale analisi verranno scelti i punti e gli elementi di fissaggio.

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

Prestazioni raggiungibili

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

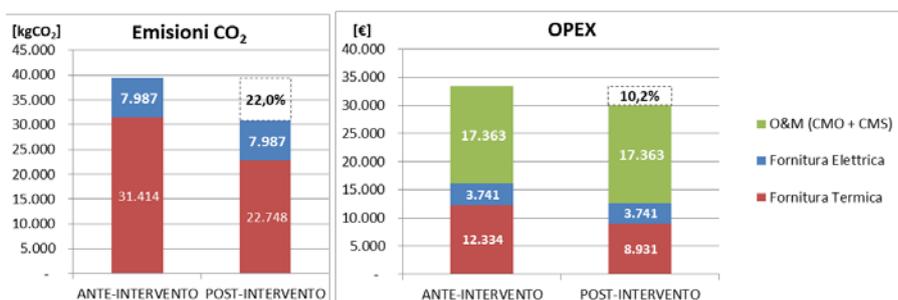
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM2: Sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2 Trasmittanza	[W/m ² K]	6	1,67	72,2%
Q _{teorico}	[kWh]	151.040	109.372	27,6%
EE _{teorico}	[kWh]	17.870	17.870	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	155.516	112.613	27,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	17.104	17.104	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.414	22.748	27,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.987	7.987	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.402	30.735	22,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.334	8.931	27,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.741	3.741	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	16.075	12.672	21,2%
C _{MO}	[€]	13.717	13.717	0,0%
C _{MS}	[€]	3.646	3.646	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17.363	17.363	0,0%
OPEX	[€]	33.438	30.035	10,2%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

Figura 8.2 - EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a cappotto sulle pareti verticali rivolte verso esterno, in modo tale che vengano raggiunti i limiti di trasmittanza richiesti dalla normativa.

Per i seguenti motivi si è deciso di evitare valutazioni parziali per l'applicazione del cappotto solo alcune parti di involucro:

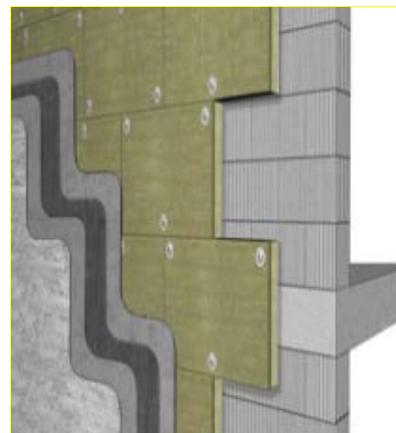
- Rispetto di un valore minimo di legge per U o H'T (il parametro da rispettarsi dipende dal tipo di intervento, come classificato ai sensi della normativa) anche per interventi che non riguardano l'involucro nella sua interezza;
- Come emergerà dall'analisi costi-benefici, un intervento di coibentazione dell'involucro quale l'applicazione del cappotto, non risulta valutato in maniera positiva. Ciò vale per un intervento di coibentazione completa della strutture verticali opache verso esterno, a maggior ragione si riducono i benefici per interventi di tipo parziale, che fanno sì ridurre i costi, ma spostano ulteriormente la valutazione costi-benefici verso considerazioni conclusive di tipo negativo;
- L'incremento di comfort termo igrometrico, così come la riduzione dei consumi, non traggono significativo giovamento da interventi parziali.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento a cappotto consiste nell'applicazione di uno strato di materiale coibente sulle pareti perimetrali verticali all'esterno dell'edificio, in modo da ridurre considerevolmente la dispersione di calore attraverso l'involucro. L'isolamento a cappotto presenta gli ulteriori vantaggi di annullare l'effetto di dissipazione dei ponti termici e di aumentare il comfort interno dell'edificio, grazie ad un innalzamento delle temperature superficiali delle facciate interne.

Polistirene espanso in lastre sinterizzato, conduttività termica
 $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$, 10-13 kg/m³

Spessore isolante: 10 cm



Descrizione dei lavori

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario, in primo luogo, fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza. Per la posa del cappotto termico è necessario inoltre selezionare un collante per cappotto idoneo per isolamento termico a cappotto: il collante per cappotto termico si applica con il sistema a cordolo e tre punti centrali, oppure su supporti complanari, con il sistema del collaggio totale con spatola in acciaio inox dentata. Il collante deve ricoprire almeno il 40% della superficie totale del pannello isolante.

Per eseguire correttamente il cappotto termico, durante la posa del cappotto i pannelli isolanti per cappotto devono essere posati a "mattoncino", sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre, durante la posa del cappotto termico, dovranno essere colmati con adeguata schiuma espansa.

I tasselli per l'ancoraggio meccanico, dove necessari, devono essere applicati a due o tre giorni di distanza dalla posa dei pannelli. Durante la posa del cappotto termico i tasselli vanno invece applicati immediatamente in caso di pannelli in EPS con aggiunta di grafite o pannelli in fibra di legno. La

tipologia di tassello per la corretta posa del cappotto termico va scelta in base al tipo di supporto su cui si andrà a posare il cappotto termico.

Dopo un periodo di tre, dieci giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante.

La posa del cappotto termico prevede poi di applicare il primer, una volta che il rasante si è asciugato.

Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%.

La posa del cappotto termico si conclude infine con l'applicazione di accessori dedicati quali il nastro autoespandente, il profilo per davanzale, giunti di dilatazione.

Prestazioni raggiungibili

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

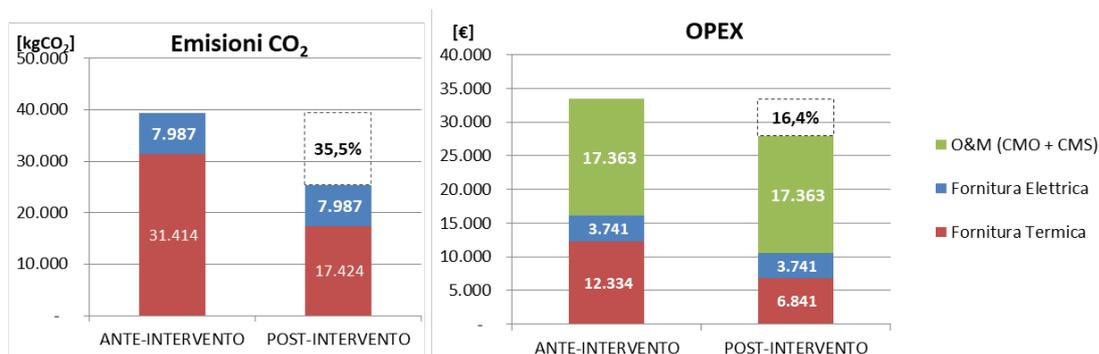
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM5 Trasmittanza	[W/m ² K]	2,05	0,28	86,3%
Q _{teorico}	[kWh]	151.040	83.775	44,5%
EE _{teorico}	[kWh]	17.870	17.870	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	155.516	86.258	44,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	17.104	17.104	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.414	17.424	44,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.987	7.987	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.402	25.412	35,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.334	6.841	44,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.741	3.741	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	16.075	10.582	34,2%
C _{MO}	[€]	13.717	13.717	0,0%
C _{MS}	[€]	3.646	3.646	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17.363	17.363	0,0%
OPEX	[€]	33.438	27.945	16,4%
Classe energetica	[-]	D	C	stessa classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

Figura 8.3 – EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



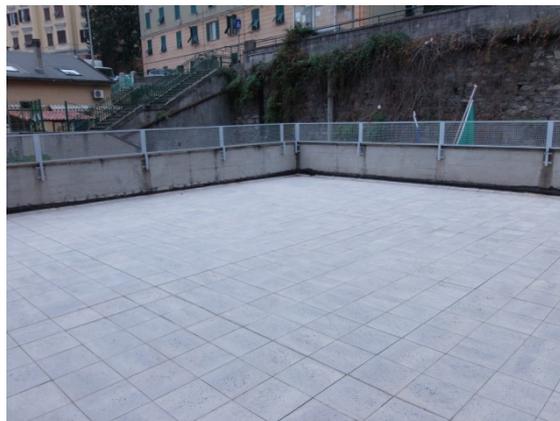
EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

Generalità

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

Il sistema comporta l'applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso conforme all'uso che tale copertura dovrà avere.

Figura 8.4 - Particolare copertura su cui intervenire.

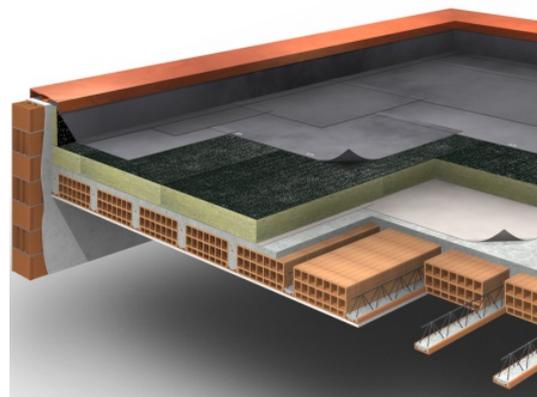


Caratteristiche funzionali e tecniche

Questo tipo di soluzione prevede che l'elemento di tenuta sia posto al di sopra dell'elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo essa a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento). Perché l'elemento termoisolante mantenga nel tempo le proprie caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore, è molto importante che esso, salvo casi particolari, venga protetto da uno schermo o barriera al vapore posto al di sotto di esso in modo da evitare che l'umidità proveniente dagli ambienti sottostanti ne pregiudichi nel tempo le caratteristiche

Lana di roccia ad alta resistenza meccanica, conduttività termica $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$, 150 kg/m^3

Spessore isolante: 12 cm



Descrizione dei lavori

L'intervento è così articolato:

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella tabella seguente.

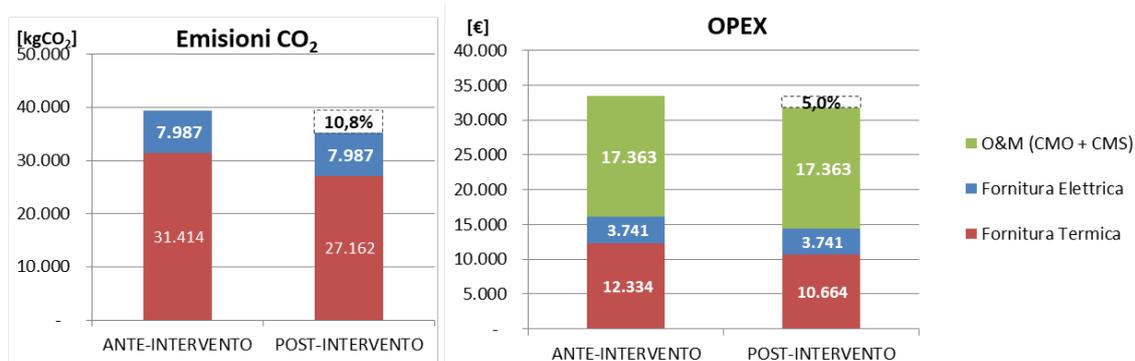
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM6 Trasmittanza	[W/m ² K]	0,92	0,27	70,7%
Q _{teorico}	[kWh]	151.040	130.594	13,5%
EE _{teorico}	[kWh]	17.870	17.870	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	155.516	134.464	13,5%
EE _{baseline}	[kWh]	17.104	17.104	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.414	27.162	13,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.987	7.987	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.402	35.149	10,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.334	10.664	13,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.741	3.741	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	16.075	14.405	10,4%
C _{MO}	[€]	13.717	13.717	0,0%
C _{MS}	[€]	3.646	3.646	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17.363	17.363	0,0%
OPEX	[€]	33.438	31.768	5,0%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

Figura 8.5 – EEM6: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

Generalità

Questo intervento è la somma dei due interventi EEM5 + EEM6. Pertanto si rimanda per le caratteristiche funzionali e la descrizione dei lavori alla lettura dei due precedenti paragrafi. Di seguito si riportano le prestazioni raggiungibili.

Prestazioni raggiungibili

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

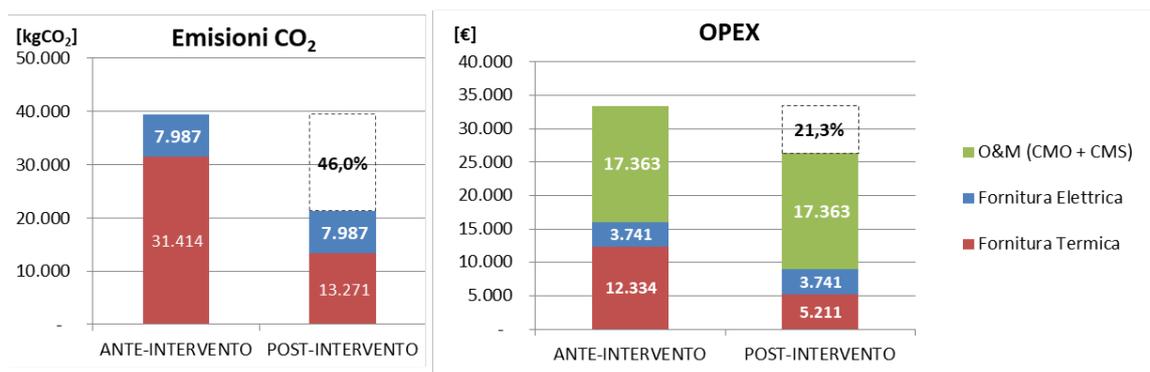
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM4 Trasmittanza	[W/m ² K]	2,05	0,28	86,3%
		0,92	0,27	70,7%
Q _{teorico}	[kWh]	151.040	63.809	57,8%
EE _{teorico}	[kWh]	17.870	17.870	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	155.516	65.700	57,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	17.104	17.104	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.414	13.271	57,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.987	7.987	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.402	21.259	46,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.334	5.211	57,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.741	3.741	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	16.075	8.952	44,3%
C _{MO}	[€]	13.717	13.717	0,0%
C _{MS}	[€]	3.646	3.646	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17.363	17.363	0,0%
OPEX	[€]	33.438	26.315	21,3%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

Figura 8.6 – EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con una pompa di calore ad alta efficienza e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe "A", di un sistema di regolazione primario efficiente e di termovalvole su ciascun corpo scaldante.

La pompa di calore, ad alta efficienza, dovrà garantire temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite da propria centralina climatica.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

Non è stato inserito tra le valutazioni progettuali l'intervento di sostituzione del generatore tradizione con una caldaia a condensazione ad alta efficienza, per i seguenti motivi:

- Una caldaia a condensazione, viste le temperatura di mandata e ritorno necessarie per garantire il comfort all'interno dei locali, non avrebbe potuto lavorare a regimi ottimali
- L'installazione della caldaia a condensazione non consentiva di raggiungere il salto di due classi APE come richiesto nel capitolato.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La pompa di calore dovrà essere dotata di un circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della pompa di calore. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la pompa di calore ed il serbatoio di accumulo mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

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

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

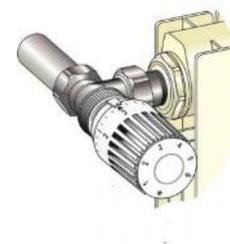
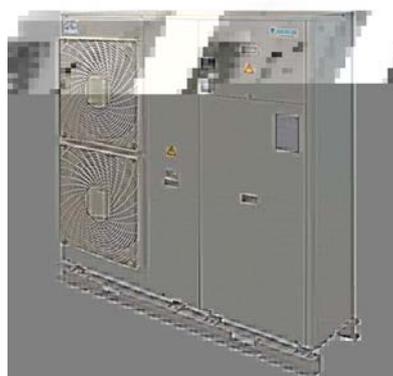
Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

Descrizione dei lavori

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

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

Figura 8.7 –Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

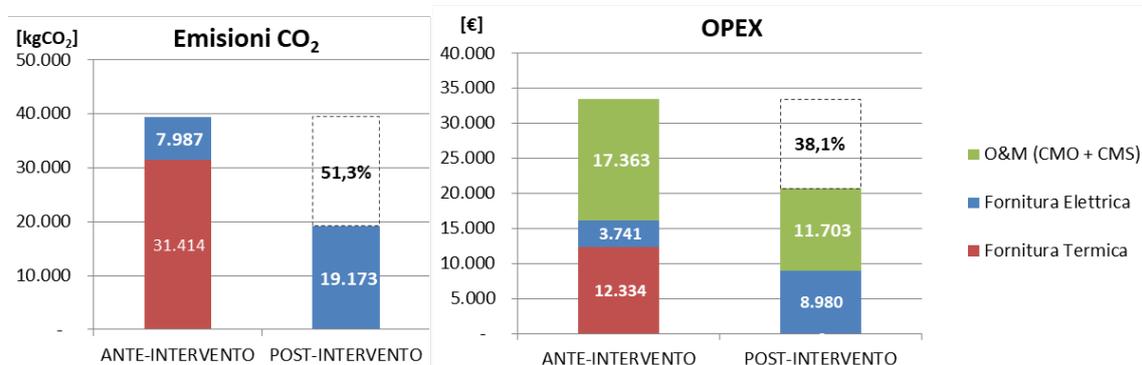
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM3 Rendimento generatore	[%]	91,30%	405,00%	-343,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	151.040	-	100,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	17.870	42.895	-140,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	155.516	-	100,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	17.104	41.056	-140,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.414	-	100,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.987	19.173	-140,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.402	19.173	51,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12.334	-	100,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.741	8.980	-140,0%
Fornitura Energia, C_e	[€]	16.075	8.980	44,1%
C_{MO}	[€]	13.717	10.974	20,0%
C_{MS}	[€]	3.646	729	80,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	17.363	11.703	32,6%
OPEX	[€]	33.438	20.683	38,1%
Classe energetica	[-]	C	A1	+2 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

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

Figura 8.8 – EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessun intervento simulato in quanto il consumo dell'acqua calda sanitaria risulta poco significativo e non si ritiene conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici

8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Nessun intervento simulato perché l'impianto di ventilazione e climatizzazione estiva non è presente.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM1: relamping

Generalità

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

L'intervento comporta la sostituzione di tutte le lampade della scuola modificando gli apparecchi esistenti in funzione dei nuovi tubi a led.

Figura 8.9 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Per evidenziare la convenienza che si ha nell'uso della tecnologia a led si possono citare i seguenti aspetti:

- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13anni con un funzionamento di 12ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; Di fatto si stima che può facilmente raggiungere oltre le 80000 – 100000ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno).Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una durata di 4000 – 5000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.
- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.
- Efficienza luminosa: L'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt [lm/W]. La tecnologia a LED proposta ha un'efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **111 lm/W**.In confronto le altre tecnologie hanno le seguenti efficienze:
 - 13 lm/W delle lampade ad incandescenza
 - 16 lm/W per le alogene
 - 50 lm/W per le fluorescenti (cosiddette a risparmio energetico)
 - 111 lm/W per i Led.
- Manutenzione: i costi per la manutenzione degli apparati di illuminazione a LED vengono stimati nell'ordine di un decimo rispetto agli impianti di uso comune.
- Salubrità e rischio inquinamento: I LED non contengono gas nocivi alla salute; in tema poi di inquinamento luminoso il led brilla, ma non satura l'ambiente e nulle sono le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni

Descrizione dei lavori

Per quanto riguarda il principio diverso tra NEON

Figura 8.10 - Particolare schema collegamento tubi neon classici e tubo led

e LED per la sostituzione dei primi con i secondi bisogna applicare due modifiche, in quanto il LED pretende i 220V diretti:

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella tabella che segue.

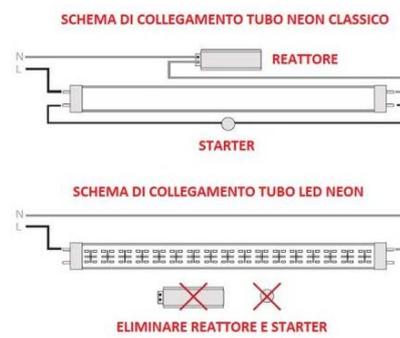


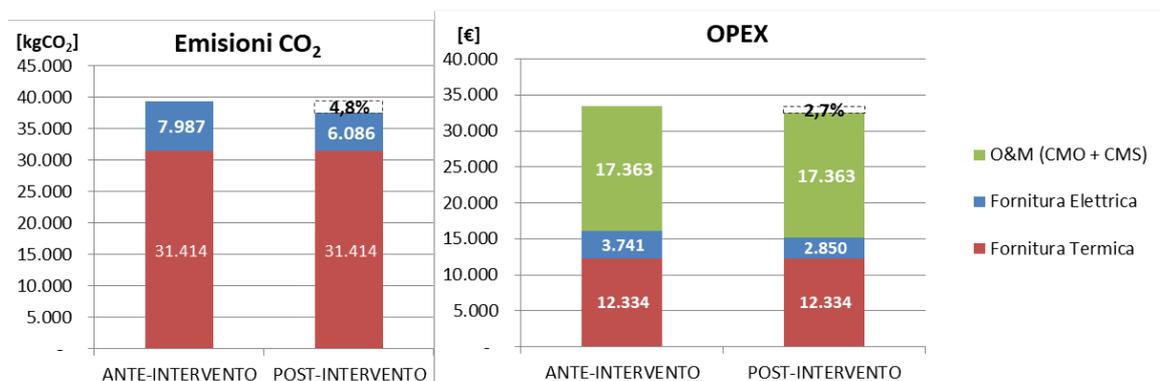
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM1: relamping

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM1 Efficienza luminosa	[lm/W]	84	110	-31,00%
$Q_{teorico}$	[kWh]	151.040	151.040	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	17.870	13.615	23,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	155.516	155.516	0,0%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	17.104	13.031	23,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.414	31.414	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.987	6.086	23,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.402	37.500	4,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.334	12.334	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.741	2.850	23,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	16.075	15.184	5,5%
C _{MO}	[€]	13.717	13.717	0,0%
C _{MS}	[€]	3.646	3.646	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17.363	17.363	0,0%
OPEX	[€]	33.438	32.547	2,7%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

Figura 8.11 – EEM1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Nessun intervento simulato in quanto non sussistono le condizioni per la realizzazione di un impianto a fonti rinnovabili.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: relamping

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM1, che consiste nella sostituzione dei tubi fluorescenti con tubi a led.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come nella seguente tabella

La realizzazione di tale intervento non consente di ottenere l'incentivo del conto termico.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: relamping

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 36 W - starter incluso	https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips	88	cad.	7,45	6,77	596,00	22%	727,12
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 58 W - starter incluso	https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips	93	cad.	19,7	17,91	1.665,55	22%	2.031,97
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 18 W - starter incluso	https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips	44	cad.	14,85	13,50	594,00	22%	724,68
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	75	h	31,88	28,98	2.173,64	22%	2.651,84
Costi per la sicurezza	-	3%	%			2,13	22%	2,59
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			4,96	22%	6,05
TOTALE (I₀-EEM1)						5.036,27	22%	6.144,24

Nota: si è considerata la sola sostituzione delle lampade senza i corpi illuminanti in considerazione dell'abbattimento dei costi di intervento; di conseguenza non si è potuto risalire ad un prezzo inserito in un prezziario ufficiale regionale; si è tuttavia selezionato un fornitore unico facilmente reperibile sul mercato italiano per la quotazione dei pezzi.

EEM2: Sostituzione serramenti

Nella tabella seguente è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM2, che consiste nella sostituzione dei serramenti (chiusure verticali trasparenti verso esterno).

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM2:Sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria voce: 25.A05.H01.110	419,17	mq	10,15	9,23	3.867,80	22%	4.718,71
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	419,17	mq	328,90	299,00	125.331,83	22%	152.904,83
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	419,17	mq	47,62	43,29	18.146,25	22%	22.138,43
Costi per la sicurezza	-	3%	%			4.420,38	22%	5.392,86
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 10.314,21	22%	€ 12.583,34
TOTALE (I0 – EEM2)						162.080,46	22%	197.738,17

Se l'intervento fosse accoppiato all'installazione di valvole termostatiche potrebbe incentivare dell'incentivo previsto dal Conto Termico.

EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard con una pompa di calore elettrica ed installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.3– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO			
Incentivo complessivo		113.530,34	€
Incentivo massimo 65%		40.382,00	€
Anni incentivo		5	
Incentivo annuo		22.706,07	€
Coefficiente di valorizzazione	Ci	0,045	€/kWht
Energia termica prodotta	Ei	504.579,31	kWht
Calore prodotto	Qu	655.200,00	kWht
Potenza termica nominale PDC	Pn	468	kW
Coefficiente di utilizzo	Quf	1400	-
Coefficiente di prestazione PDC	COP	4,35	-

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Pompa di calore con ventilatori elicoidali - inclusa manodopera	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0010.h	1	cad	44.304,00	40.276,36	40.276,36	22%	49.137,16
Kit idronico	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0030.b	1	cad	1.420,71	1.291,55	1.291,55	22%	1.575,70
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	60	cad	35,42	32,20	1.932,00	22%	2.357,04
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.135	1	cad	€ 2.999,95	€ 2.727,23	€ 2.727,23	22%	3.327,22
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 45,51	22%	55,52
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	25,17

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.388,80	22%	€ 1.694,33
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 3.240,53	22%	€ 3.953,45
TOTALE (I₀ – EEM3)						50.922,61	22%	62.125,58
Incentivi	Conto termico					33100		40382
Durata incentivi	5 anni							
Incentivo annuo						6620		8076,40

EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

Nella tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nell'isolamento sia delle chiusure verticali opache, sia di quelle orizzontali (combinazione dei singoli interventi EEM5 + EEM6). La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come nelle tabelle allegate negli EEM5 e EEM6.

Tabella 9.5– Analisi dei costi della EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Cappotto pareti	v. tabella 9.6	-	-	-	-	62.615,40	22%	76.390,79
Isolamento Copertura*	v. tabella 9.7	-	-	-	-	23.664,83	22%	28.871,09
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese - balaustra	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	1528,9	mq	14,03	12,75	19.500,42	22%	23.790,52
noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.015	1528,9	mq/mese	1,30	1,18	1.806,88	22%	2.204,40
Costi per la progettazione		3%	%			3.227,63	22%	3.937,70
Costi per la sicurezza		7%	%			7.531,13	22%	9.187,98
TOTALE (I₀- EEM4)						118.346,30	22%	144.382,48
Incentivi	Conto termico					-		57.753
Durata incentivi	5 anni					-		-
Incentivo annuo						-		11.551

Nota (1): si precisa che il prezzo totale è calcolato dalla somma del pannello in polistirene, posa di isolante termoacustico, intonaco esterno e tinteggiatura pareti.

Nota (2): si precisa che il prezzo totale è calcolato dalla somma del posa di isolante termoacustico, membrana elastoplastomerica, pannelli rigidi in lana di roccia.

EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM5, che consiste nell'isolamento delle chiusure verticali opache.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come nella seguente tabella.

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	100 €/m ²
Valore massimo incentivo	400.000 €

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa di isolamento termico-acustico superfici verticali (intercapedini e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	1528,9	mq	13,98	12,71	19.430,93	22%	23.705,73
pannello in polistirene espanso sinterizzato, densità 10-13 kg/m ³	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.U01.010	1528,9 mq x 10 cm	mq cm	0,33	0,30	4.586,70	22%	5.595,77
Intonaco esterno in malta cementizia	Prezziario Regione Liguria - voce: 1.16.1.A10	1528,9	mq	21,79	19,81	30.286,12	22%	36.949,07
Tinteggiatura superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezziario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010	1528,9	mq	5,98	5,44	8.311,66	22%	10.140,22
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	1528,9	mq	14,03	12,75	19.500,42	22%	23.790,52
Noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.015	1528,9	mq/mese	1,30	1,18	1.806,88	22%	2.204,40
Costi per la sicurezza	-	3%	%			2.517,68	22%	3.071,57
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			5.874,59	22%	7.167,00
TOTALE (I₀- EEM5)						92.314,98	22%	112.624,28
Incentivi	Conto termico					36.926		45.050
Durata incentivi	5 anni							
Incentivo annuo						7.385,20		9.010

EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nell'isolamento sia delle chiusure orizzontali opache.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come nella seguente tabella.

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

Tabella 9.7– Analisi dei costi della EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	718,7	mq	6,55	5,95	4.279,53	22%	5.221,03
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	718,7	mq	5,67	5,15	3.704,57	22%	4.519,58
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	8624,4	mq cm	2,00	1,82	15.680,73	22%	19.130,49
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	160	mq	14,03	12,75	2.040,73	22%	2.489,69
Costi per la sicurezza	-	3%	%			771,17	22%	940,82
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.799,39	22%	2.195,25
TOTALE (IO – EEM6)						28.276,11	22%	34.496,86
Incentivi	Conto termico					11.310		13.799
Durata incentivi	5 anni							
Incentivo annuo						2.262		2.759,80

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: relamping

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.8– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1:relamping

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	6.144
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	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,8	6,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	9,0	9,0
Valore attuale netto	VAN	<0	<0
Tasso interno di rendimento	TIR	0,6%	0,6%
Indice di profitto	IP	-0,12	-0,12

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

Figura 9.1 –EEM1: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

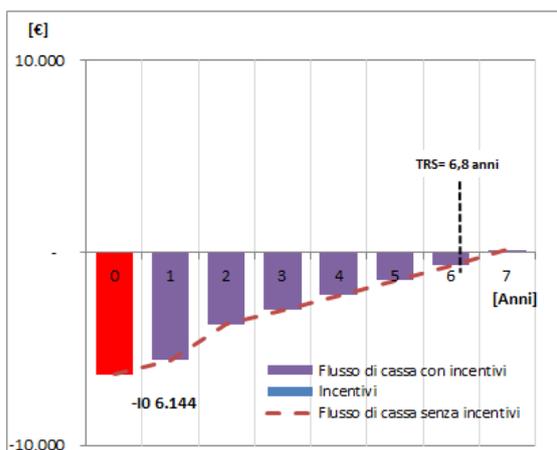
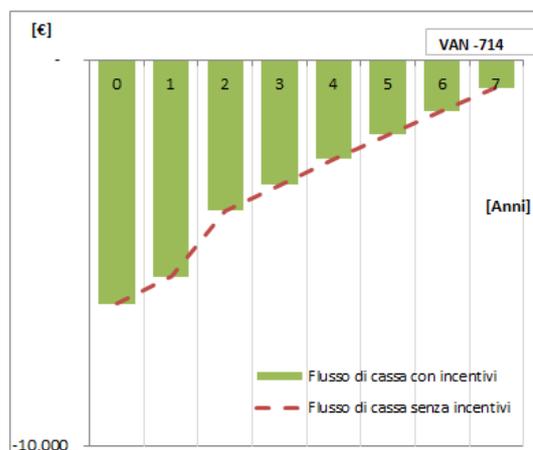


Figura 9.2 –EEM1: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento è poco costoso e si ripaga in tempo molto breve, producendo comunque un discreto risparmio energetico, che pure non stravolge le prestazioni del fabbricato e mantiene inalterata la classe energetica APE di appartenenza. Si consiglia dunque in ogni caso l'esecuzione dell'intervento, che sul lungo periodo risulta essere comunque discretamente vantaggioso.

EEM2: Sostituzione serramenti

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

Tabella 9.9– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2: sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	197.738
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	>30	>30
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>30	>30
Valore attuale netto	VAN	<0	<0
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,1%	-3,1%
Indice di profitto	IP	-0,58	-0,58

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

Figura 9.3 –EEM2: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

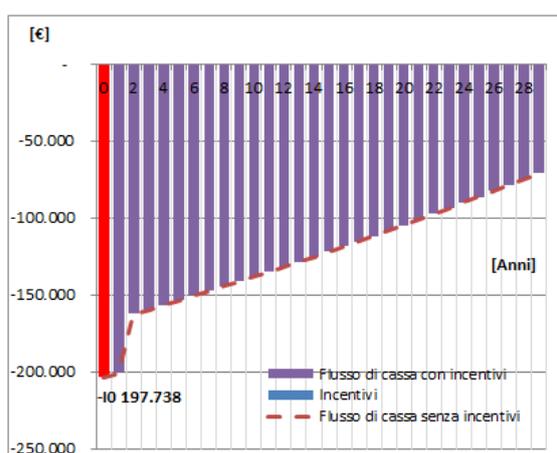
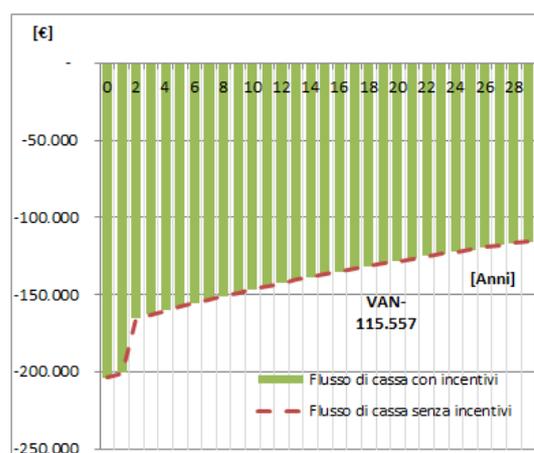


Figura 9.4 –EEM2: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento richiede un investimento molto importante, il quale presenta tempi di ritorno eccessivi e comunque non in linea con le richieste da capitolato, sia per i tempi di ritorno, sia per la classe energetica APE raggiungibile. L'intervento sarebbe comunque valido dal punto di vista dell'incremento del benessere termo-igrometrico percepito dagli utenti, soprattutto in abbinamento con interventi sull'involucro opaco.

EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

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

Tabella 9.10– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	62.126
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	8.076
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,9	2,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,7	3,3
Valore attuale netto	VAN	63.856	99.811
Tasso interno di rendimento	TIR	17,5%	28,5%
Indice di profitto	IP	1,03	1,61

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

Figura 9.5 –EEM3: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

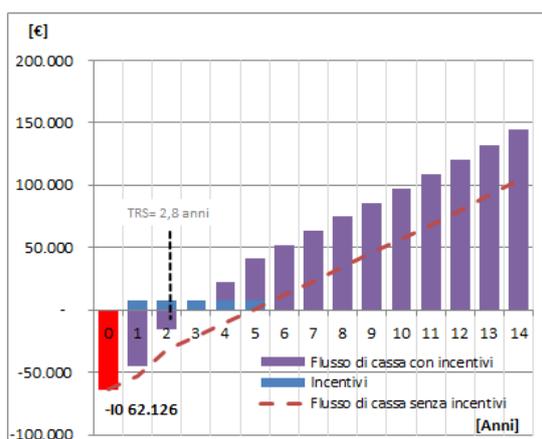
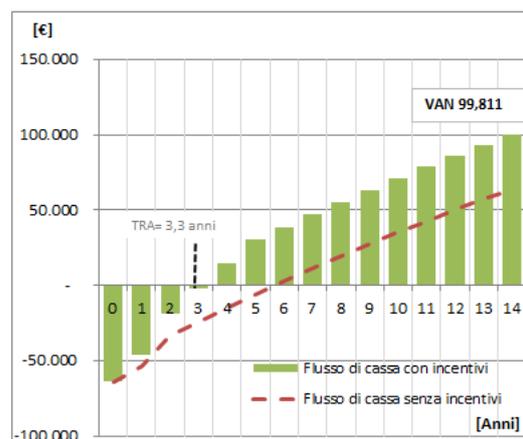


Figura 9.6 –EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dei singoli interventi analizzati, quello sull'impianto risulta essere il più vantaggioso dal punto di vista costi-benefici e rispetta completamente le richieste del capitolato, sia per i tempi di ritorno ridotti, sia per il raggiungimento di un significativo salto di classi energetiche valutate in condizioni standard (APE). Si consiglia pertanto di eseguire l'intervento, anche se emerge comunque che questo potrebbe essere abbinato, anche al di fuori del capitolato, ad interventi sull'involucro, aventi lo scopo di ridurre realmente i consumi, anziché solamente migliorare le prestazioni impiantistiche.

EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

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

Tabella 9.11– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	144.382
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	11.770
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	18,7	10,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>30	15,7
Valore attuale netto	VAN	<0	43.199
Tasso interno di rendimento	TIR	3,4%	7,4%
Indice di profitto	IP	-0,06	0,30

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

Figura 9.7 –EEM4: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

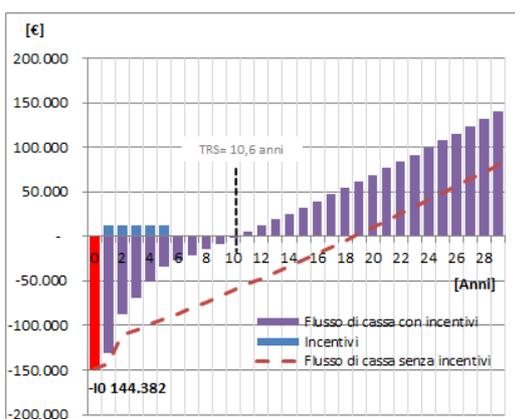
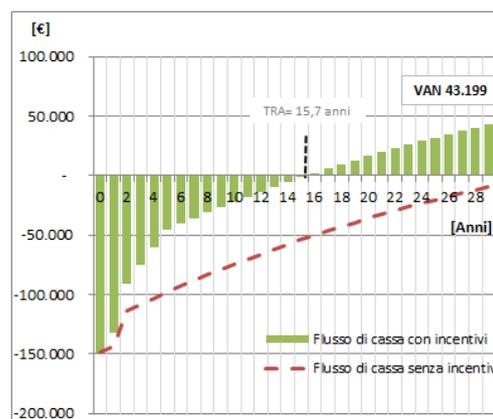


Figura 9.8 –EEM4: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Questo intervento rappresenta un considerevole impegno economico, con tempi di ritorno superiori alle richieste da capitolato, ma ancora ragionevoli in un'ottica di lungo periodo e di voler effettivamente ridurre i consumi dell'organismo edilizio, oltre che incrementare considerevolmente la percezione di benessere da parte degli occupanti. Pertanto si raccomanda di prendere comunque in considerazione la possibilità di eseguire tale intervento, oppure almeno uno dei due successivi EE5 ed EE6 di cui EEM4 rappresenta la somma.

EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	112.624
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	9.010
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	18,8	10,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>30	15,9
Valore attuale netto	VAN	<0	31.906
Tasso interno di rendimento	TIR	-	7,2%
Indice di profitto	IP	-0,07	0,28

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

Figura 9.9 –EEM5: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

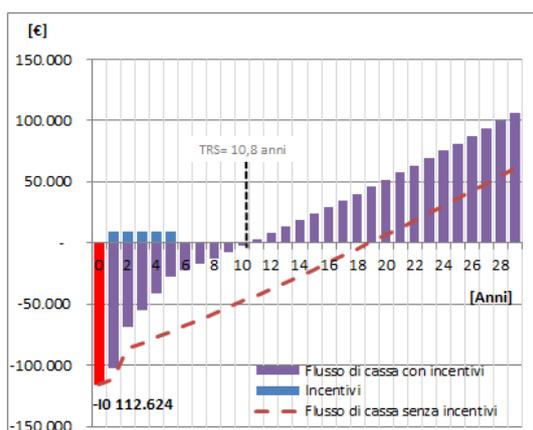
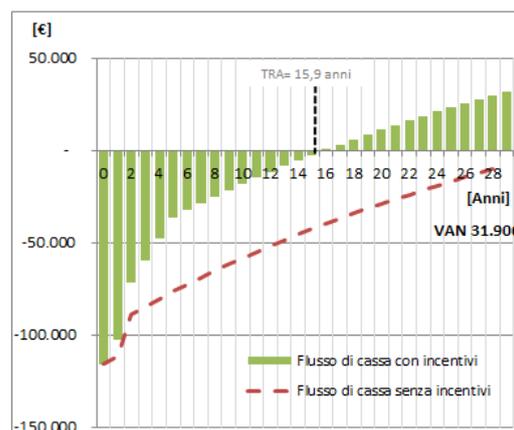


Figura 9.10 –EEM5: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Analogamente alle considerazioni espresse per il precedente intervento EEM4, pur configurandosi EEM5 come avente tempi di ritorno superiori alla richiesta da capitolato ed un miglioramento pari ad una sola classe energetica, si suggerisce di prendere in considerazione tale proposta per un'eventuale realizzazione avente finalità sul lungo periodo.

EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.13– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	34.497
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.760
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	19,0	10,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>30	16,0
Valore attuale netto	VAN	<0	9.565
Tasso interno di rendimento	TIR	3,3%	7,2%
Indice di profitto	IP	-0,08	0,28

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

Figura 9.11 –EEM6: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

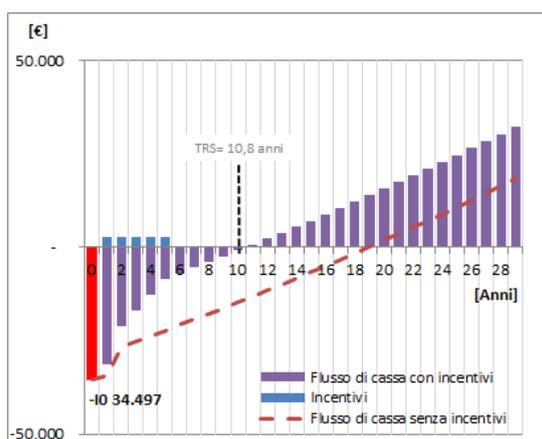
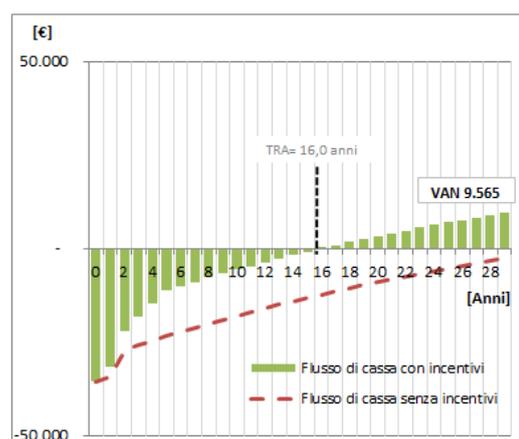


Figura 9.12 –EEM6: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Analogamente alle considerazioni espresse per i precedenti interventi EEM4 ed EEM5, si sottolinea la valenza di questa tipologia di interventi aventi scopo di migliorare il benessere degli utenti, oltre che ridurre i consumi. Tale intervento è stato per questo motivo mantenuto nello scenario SCN1, di cui si tratterà nel seguente capitolo 9.3.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e Tabella 9.14.

Dall’analisi dei risultati emerge che gli interventi con un risparmio energetico maggiore e quindi un tempo di ritorno minore risultano essere l’EEM1 e l’EEM3. Gli interventi di coibentazione risultano più onerosi e meno vantaggiosi nell’immediato ma, come già riportato in precedenza, sarebbero quelli da preferire nell’ottica di un vero efficientamento dell’edificio. Infine si ribadisce che l’intervento sui serramenti che economicamente non risulta sostenibile dal punto di vista energetico potrebbe diventarlo considerando anche la componente sicurezza.

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/a]	ΔC_{MO} [€/a]	ΔC_{MS} [€/a]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	5,5%	4,8%	891	0	0	6.144	6,8	9,0	8	<0	0,6%	-0,12
EEM 2	21,2%	22,0%	3.403	0	0	197.738	>30	>30	30	<0	-3,1%	-0,58
EEM 3	44,1%	51,3%	7.094	2.743	2.917	62.126	4,9	5,7	15	63.856	17,5%	1,03
EEM 4	44,3%	46,0%	7.123	0	0	144.382	18,7	>30	30	<0	3,4%	-0,06
EEM 5	34,2%	35,5%	5.493	0	0	112.624	18,8	>30	30	<0	-	-0,07
EEM 6	10,4%	10,8%	1.670	0	0	34.497	19,0	>30	30	<0	3,3%	-0,08

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

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

Dall’analisi dei risultati emerge che gli interventi con un risparmio energetico maggiore e quindi un tempo di ritorno minore risultano essere l’EEM1 e l’EEM3. Gli interventi sull’involucro risultano più onerosi e meno vantaggiosi nell’immediato ma, come già riportato in precedenza, sarebbero quelli da preferire nell’ottica di un vero efficientamento dell’edificio. Infine si ribadisce che l’intervento sui serramenti che economicamente non risulta sostenibile dal punto di vista energetico potrebbe diventarlo considerando anche la componente sicurezza.

Tabella 9.14– Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/a]	ΔC_{MO} [€/a]	ΔC_{MS} [€/a]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	5,5%	4,8%	891	0	0	6.144	6,85	9,02	8	<0	0,6%	-0,12
EEM 2	21,2%	22,0%	3.403	0	0	197.738	>30	>30	30	<0	-3,1%	-0,58
EEM 3	44,1%	51,3%	2.545	2.743	2.917	62.126	2,85	3,26	15	99.811	28,5%	1,61
EEM 4	44,3%	46,0%	7.123	0	0	144.382	10,63	15,74	30	43.199	7,4%	0,30
EEM 5	34,2%	35,5%	5.493	0	0	112.624	10,76	15,93	30	31.906	7,2%	0,28
EEM 6	10,4%	10,8%	1.670	0	0	34.497	10,80	16,00	30	9.565	7,2%	0,28

Dall’analisi dei risultati considerando gli incentivi del conto termico, emerge che i tempi di ritorno degli investimenti diminuiscono, chiaramente in modo proporzionale rispetto ai tempi di ritorno

senza incentivi. Tuttavia emerge che la premialità relativa agli impianti termici si riduce per interventi combinati involucro + impianto, data la minore percentuale di incentivo che si riduce dal 65% al 55%, ma vi è maggiore sostegno per quanto riguarda l'intervento sulle componenti di involucro, le quali risultano essere incentivate anch'esse al 55% anziché al 40%.

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

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro 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 sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 15$ anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 25$ anni.

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

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

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

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

Dove:

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

L'ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo

a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- K_n è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell'anno 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 –SCN1: EEM1 + EEM3:** Tale scenario consiste nella sostituzione di tutte le lampade con sorgenti luminose a LED e nella riqualificazione impiantistica dell'impianto di climatizzazione invernale, sostituendo la caldaia tradizione con una Pompa di Calore elettrica ed installando le termovalvole sui radiatori esistenti.
- **Scenario 2 –SCN2: EEM1 + EEM3 + EEM6:** Tale scenario consiste nella realizzazione di un intervento di relamping, comunque consigliato, affiancato da una riqualificazione impiantistica e di involucro: sostituzione caldaia tradizione con Pompa di Calore elettrica ed installazione termo valvole, coibentazione copertura. Si è scelto quest'ultimo interventi sull'involucro, per rimanere entro le richieste di capitolato.

9.3.1 Scenario 1- SCN1: EEM1 + EEM3

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

EEM1: relamping

EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

Tabella 9.15– Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	5.029,18	22%	6.135,60
EEM3 Fornitura & Posa	46.293,28	22%	56.477,80
Costi per la sicurezza	1.390,93	22%	1.696,93
Costi per la progettazione	3.245,49	22%	3.959,50
TOTALE (I₀)	55.958,88	22%	68.269,83
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	10.974	729	11.703
TOTALE (C_M)	10.974	729	11.703
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	39.162	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		7.832,4	

Tabella 9.16– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	55%
Valore massimo incentivo EEM3	400.000 €

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

Figura 9.13 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

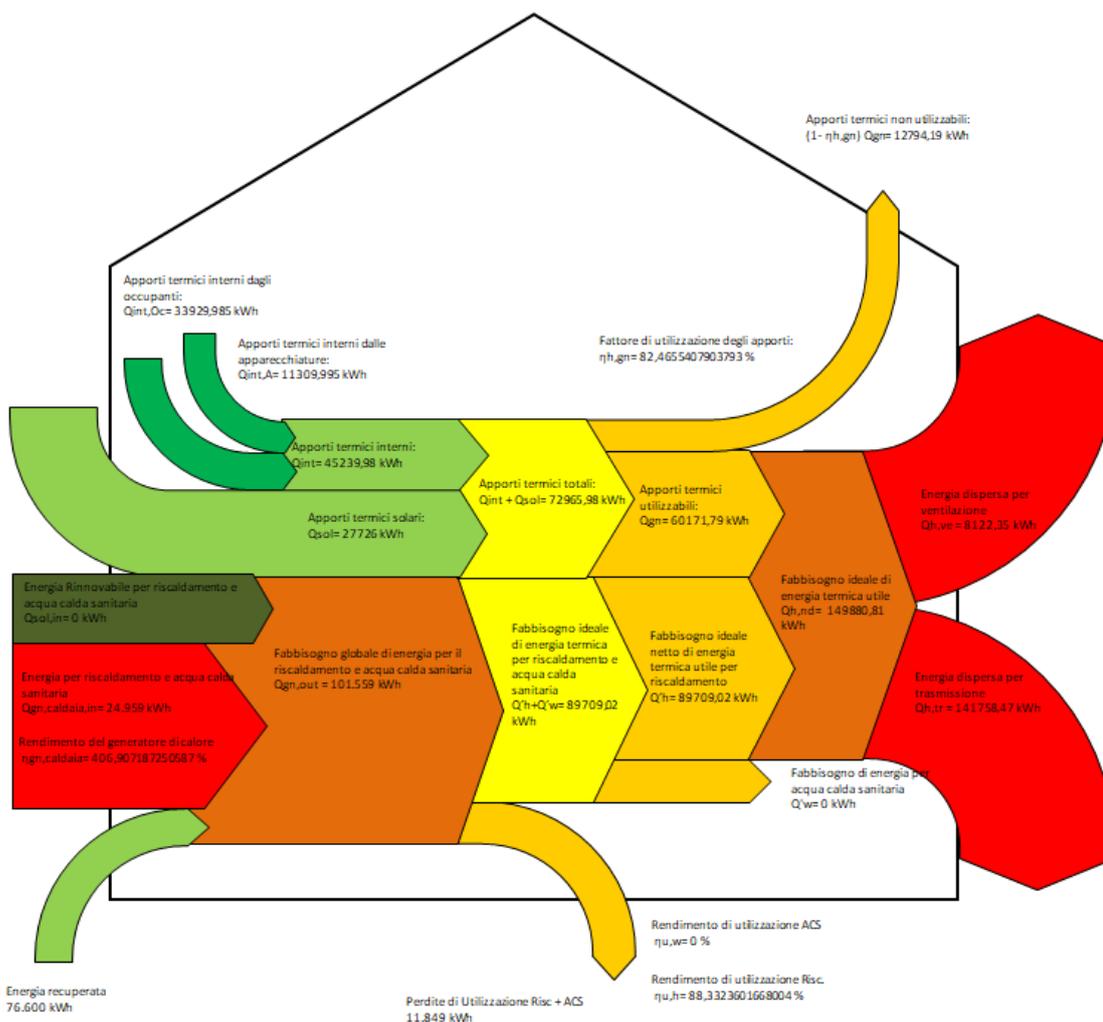


Figura 9.14 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

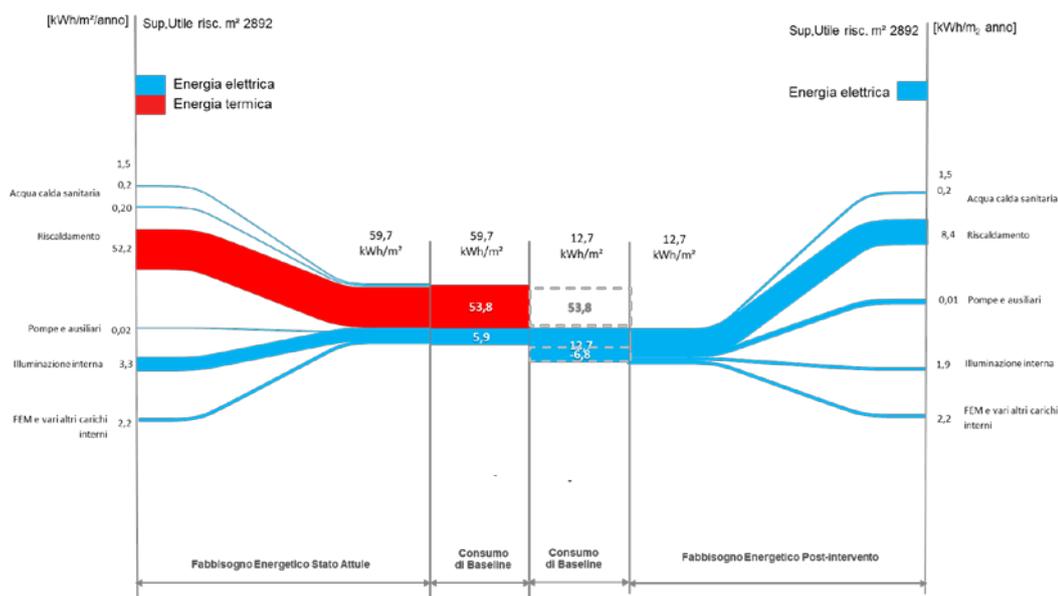


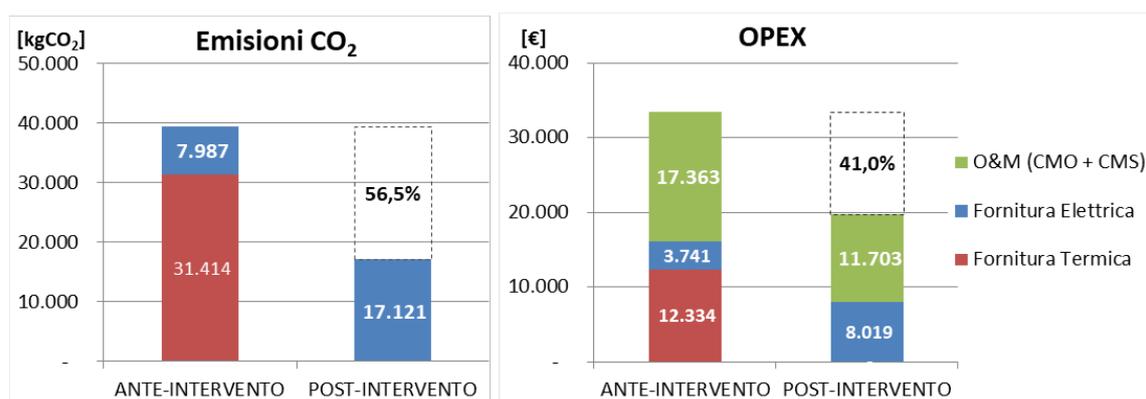
Tabella 9.16– Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Q _{teorico}	[kWh]	151.332	-	100,0%
EE _{teorico}	[kWh]	17.936	38.776	-116,2%
Q _{baseline}	[kWh]	148.656	-	100,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	17.104	36.976	-116,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.029	-	100,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.987	17.268	-116,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	38.016	17.268	54,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.576	-	100,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.935	8.508	-116,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	15.511	8.508	45,2%
C _{MO}	[€]	14.315	11.452	20,0%
C _{MS}	[€]	3.805	761	80,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.121	12.213	32,6%
OPEX	[€]	33.632	20.721	38,4%
Classe energetica	[-]	D	A1	+3classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – Iva inclusa

Figura 9.15 – SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17– Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	5
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 68.270
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.048
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 70.318
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 56.254
Equity	I_E	€ 14.064
Fattore di annualità Debito	FA_D	4,55
Rata annua debito	q_D	€ 12.377
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 61.883
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 5.629

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 13.176
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 14.232
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 27.408
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	50,1%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	32,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 10.248
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.370
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 60.991
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 13.450
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	141,94%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 7.129
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 402

Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.346
Canone O&M €/anno	CnM	€	9.960
Canone Energia €/anno	CnE	€	7.200
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	17.160
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	8.877
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	26.038
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	12.311
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_b	€	39.162
Durata Incentivi, anni	n_b		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.		4,79
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		5,21
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	VAN > 0	€	69.726
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		20,91%
Indice di Profitto	IP		102,13%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.		2,86
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		3,24
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	VAN > 0	€	47.601
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e		52,26%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,268
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		3,535
Indice di Profitto Azionista	IP		69,73%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

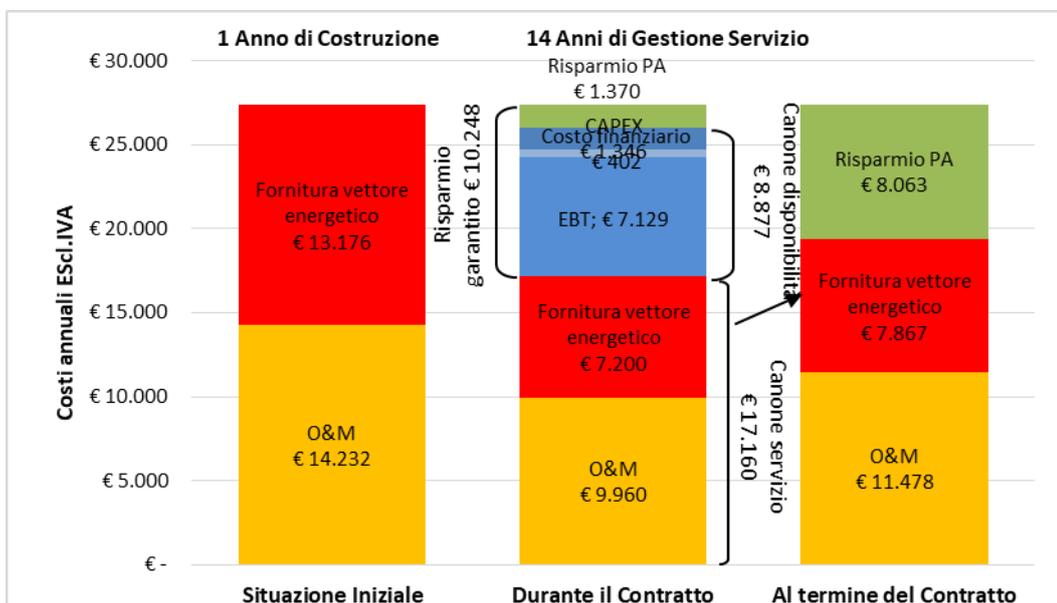


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2- SCN2: EEM1 + EEM3 + EEM6

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

EEM1: relamping

EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

Tabella 9.20– Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	5.029,18	22%	6.135,60
EEM3 Fornitura & Posa	46.293,28	22%	56.477,80
EEM6 Fornitura & Posa	25.705,56	22%	31.360,78
Costi per la sicurezza	2.162,09	22%	2.637,75
Costi per la progettazione	5.044,88	22%	6.154,75
TOTALE (I₀)	84.234,99	22%	102.766,69
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	10.974	729	11.703
EEM6 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	10.974	729	11.703
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	43.559	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		8.711,8	

Tabella 9.21– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	55%
Costo massimo ammissibile per EEM6	200 €/kWt
Valore massimo incentivo EEM3	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM6	400.000 €

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

Figura 9.19 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

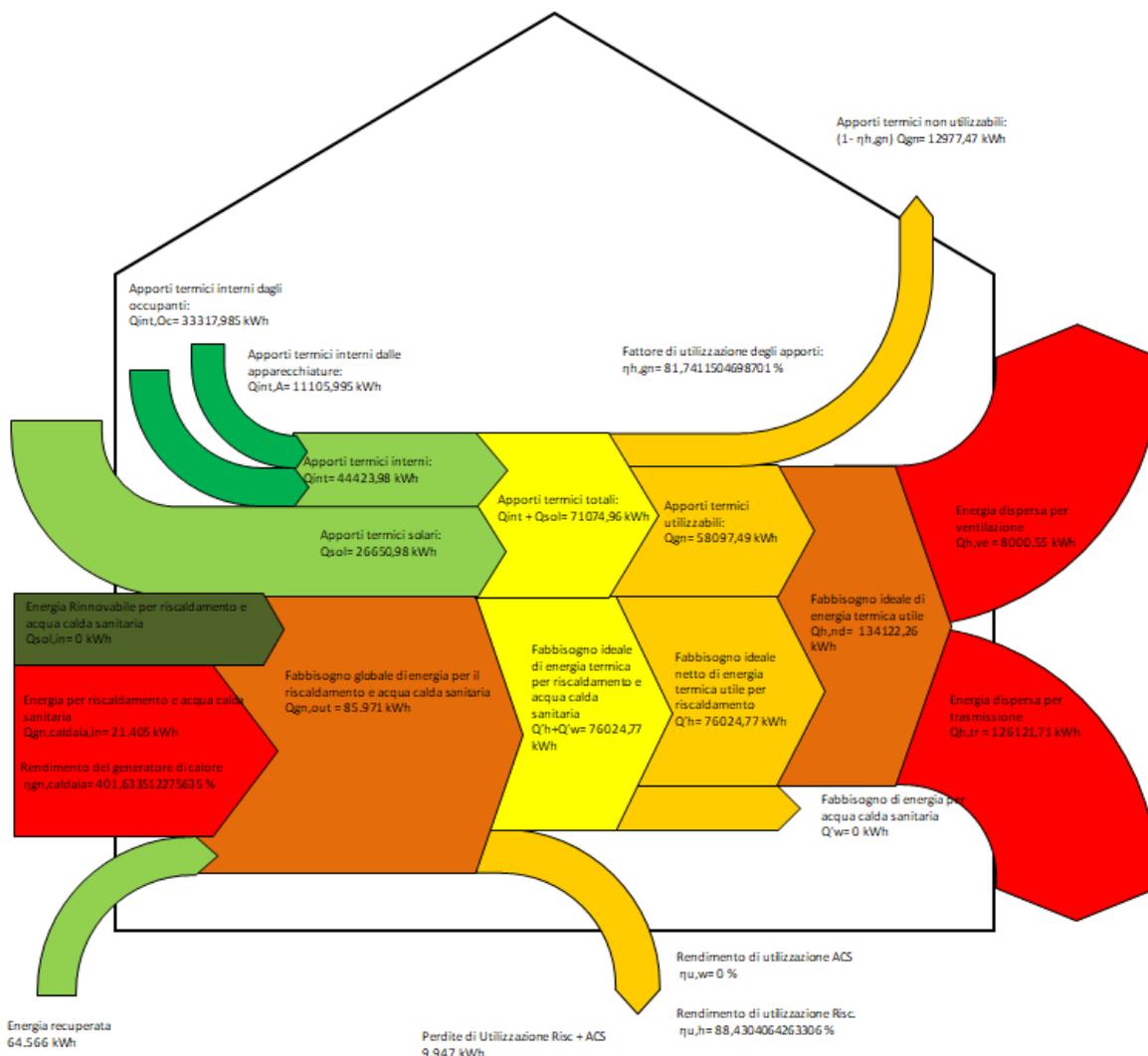


Figura 9.20 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

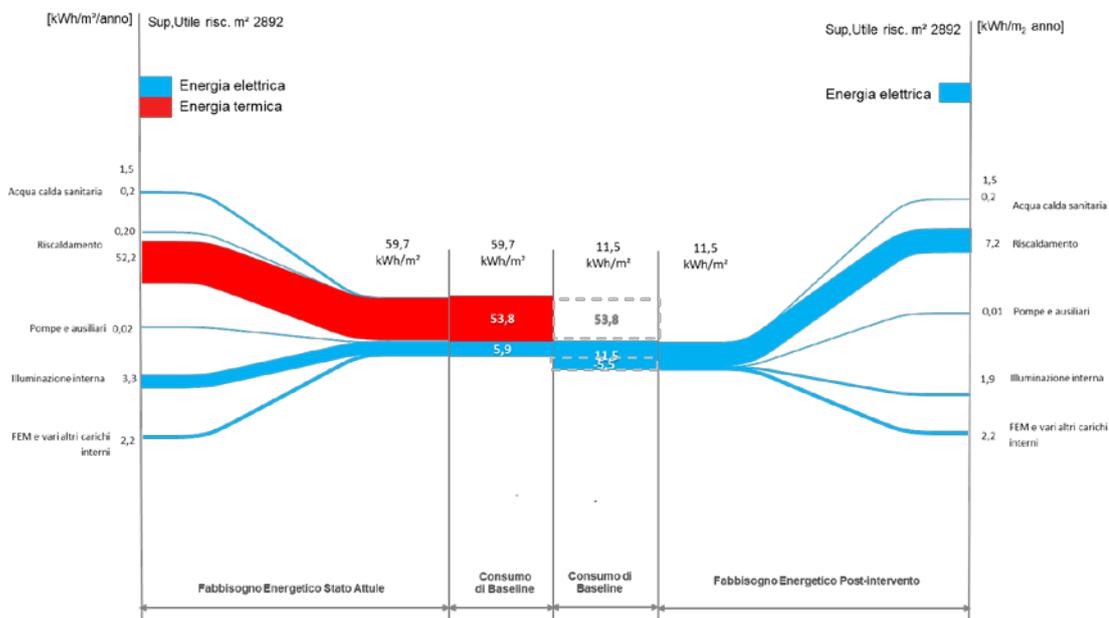


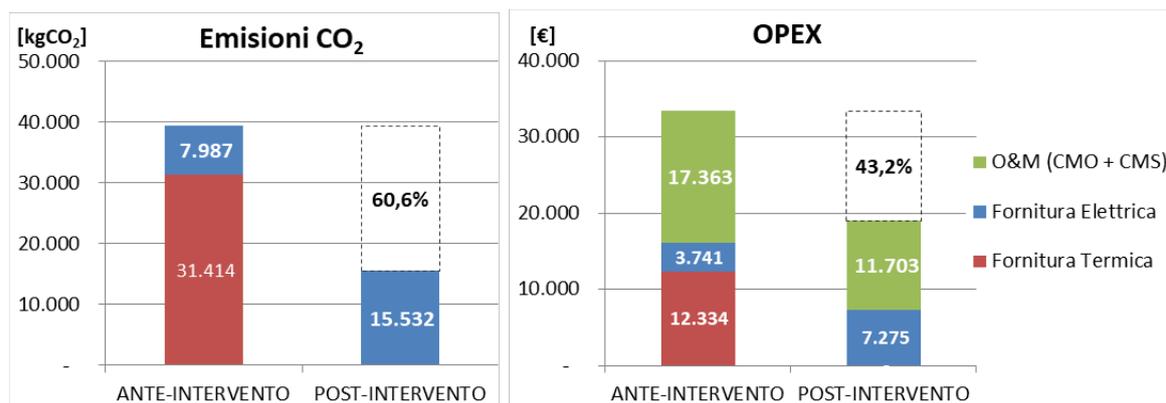
Tabella 9.22– Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza	[lm/W]	84	110	-31,00%
EEM3 rendimento	[%]	91,30%	405,00%	-343,6%
EEM6 Trasmittanza	[W/m²K]	0,92	0,27	70,7%
Q _{teorico}	[kWh]	151.040	-	100,0%
EE _{teorico}	[kWh]	17.870	34.749	-94,5%
Q _{baseline}	[kWh]	155.516	-	100,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	17.104	33.259	-94,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.414	-	100,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.987	15.532	-94,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.402	15.532	60,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.334	-	100,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.741	7.275	-94,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	16.075	7.275	54,7%
C _{MO}	[€]	13.717	10.974	20,0%
C _{MS}	[€]	3.646	729	80,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17.363	11.703	32,6%
OPEX	[€]	33.438	18.978	43,2%
Classe energetica	[-]	D	A1	+3classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079[€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – Iva inclusa

Figura 9.21 - 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 9.23, Tabella 9.24 e Tabella 9.25 e nelle successive figure.

Tabella 9.23– Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

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	5
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 102.767
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.083
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 105.850
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 84.680
Equity	I_E	€ 21.170
Fattore di annualità Debito	FA_D	4,55
Rata annua debito	q_D	€ 18.630
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 93.152
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 8.473

Tabella 9.24– Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	13.176
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	14.232
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€	27.408
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		54,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		32,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	10.237
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.370
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	138.189
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	15.977
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		151,70%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	6.690
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	353
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.823
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	10.216
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	6.955
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	17.171
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	8.867
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	26.038
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	18.532
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	43.559
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.25– 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.		6,10
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		6,86
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	88.225
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		14,46%
Indice di Profitto	IP		85,85%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO 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.		7,06
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	45.507
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		26,56%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,008
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		3,514
Indice di Profitto Azionista	IP		44,28%

Figura 9.22 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

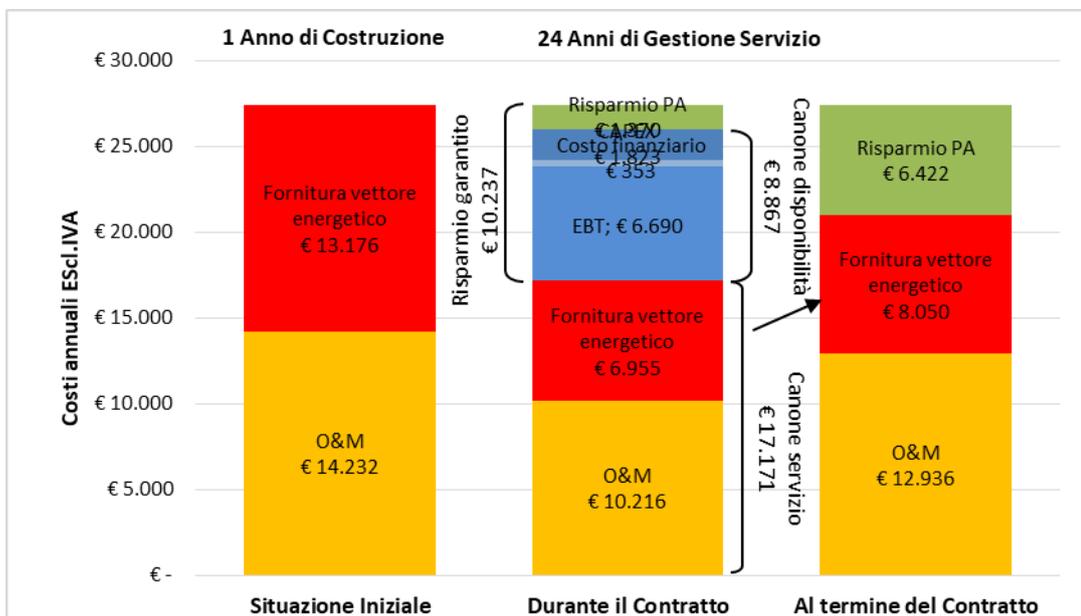


Figura 9.23 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.24.

Figura 9.24 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE è BUONO sia per l'indice IEN_R che per l'indice IEN_E.

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	6,70	6,70	6,70	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	4,05	4,16	4,31

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

L'analisi di sostenibilità finanziaria dei due scenari ha dato come risultato ottimale, in termini di salto di classe energetica e remuneratività dell'investimento, lo Scenario 1, in quanto rientra in un tempo di ritorno inferiore ai 15 anni sia con sia senza gli incentivi previsti dal conto termico, con un notevole risparmio energetico e delle emissioni di CO₂.

Di seguito si riassumono i risultati dello scenario sopra citato.

	CON INCENTIVI												
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	50,1%	56,5%	8.056	2.743	2.917	68.270	2,9	3,2	47601	52,3%	0,69	1,3	3,5

	SENZA INCENTIVI												
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	50,1%	56,5%	8.056	2.743	2.917	68.270	7,8	8,8	19.652	22,1%	0,28	0,9	2,7

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

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

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

In questo caso non si ha un impiego di risorse energetiche maggiore di quello necessario ma si sono verificati effetti negativi sul comfort degli utenti, per questo motivo si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro, pur non rientrando questi interventi nei parametri richiesti dal Capitolato.

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

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con il protocollo EVO (Efficiency Valuation Organization).

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

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

ALLEGATO A –ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO	10/1997	E01352
2	TAVOLA PIANO 1	10/1997	PIAN1
3	TAVOLA PIANO 2	10/1997	PIAN2
4	TAVOLA PIANO 3	10/1997	PIAN3
5	TAVOLA PIANO 4	10/1997	PIAN4
6	TAVOLA PIANO 5	10/1997	PIAN5
7	TAVOLA PIANO COPERTURA	10/1997	PIANC
8	TAVOLA PIANO TERRA	10/1997	PIANT
9	SCHEMA CENTRALE TERMICA	06/2017	123-P00-015-CENTRALE TERMICA
10	CENSIMENTO PIANO TERRA	06/2017	L1-042-0123-P00
11	CENSIMENTO PIANO 1	06/2017	L1-042-0123-P01
12	CENSIMENTO PIANO 2	06/2017	L1-042-0123-P02
13	CENSIMENTO PIANO 3	06/2017	L1-042-0123-P03
14	CENSIMENTO PIANO 4	06/2017	L1-042-0123-P04
15	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	06/2017	L1-042-123-P00 - Checklist
16	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	06/2017	L1-042-123-P01 - Checklist
17	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	06/2017	L1-042-123-P02 - Checklist
18	CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST	06/2017	L1-042-123-P03 - Checklist
19	CENSIMENTO PIANO 4-CHECKLIST	06/2017	L1-042-123-P04 - Checklist
20	FATTURA DEL 06/03/2014	-	5700065495
21	FATTURA DEL 20/03/2014	-	5700098218
22	FATTURA DEL 23/04/2014	-	5700134957
23	FATTURA DEL 27/05/2014	-	5700176145
24	FATTURA DEL 23/06/2014	-	5700214975
25	FATTURA DEL 21/07/2014	-	5700248944
26	FATTURA DEL 12/09/2014	-	5700291206
27	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345541
28	FATTURA DEL 13/11/2014	-	5700373449
29	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411327
30	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700493139
31	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750081967
32	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544142
33	FATTURA DEL 07/05/2015	-	E000140844
34	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
35	FATTURA DEL 03/06/2015	-	E000175672
36	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337522
37	FATTURA DEL 01/07/2015	-	E000234065
38	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281520
39	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386676
40	FATTURA DEL 02/11/2015	-	E000432863
41	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483582
42	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018557
43	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084135
44	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150590
45	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
46	FATTURA DEL 26/04/2016	-	E000218120
47	FATTURA DEL 26/04/2016	-	E000218121

48	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238237
49	FATTURA DEL 01/06/2016	-	E000278554
50	FATTURA DEL 16/06/2016	-	E000310245
51	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334604
52	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025275
53	FATTURA DEL 25/07/2016	-	011640048519
54	FATTURA DEL 24/08/2016	-	011640060830
55	FATTURA DEL 26/09/2016	-	011640074903
56	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087943
57	FATTURA DEL 19/12/2016	-	011640126637
58	FATTURA DEL 14/03/2017	-	011740042570
59	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100078
60	FATTURA DEL 16/01/2017	-	011740001581

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI P00	03/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – ELABORATI P01	03/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – ELABORATI P02	03/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2
04	ALLEGATO B – ELABORATI P03	03/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3
05	ALLEGATO B – ELABORATI P04	03/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP4
06	ALLEGATO B – ANALISI FATTURE DI FORNITURA	03/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
07	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
08	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1352 Grafici_Template_rev13

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

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

RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

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

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

STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

MISURE METRICHE

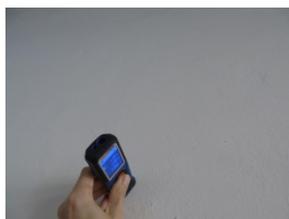
Distanziometro e bindella metrica

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

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

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

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



Spessivetro

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

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

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



MISURE ILLUMINOTECNICHE

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

ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

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

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

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

Stima della trasmittanza della muratura dell'edificio oggetto di audit

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

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

RILIEVI TERMOIGROMETRICI

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

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

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

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

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



MISURE ELETTRICHE

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

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoF- CertificatoDiConformita

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoG- ApeStatoDiFatto

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoH-ApeScenario2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoI-Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoK-SchedeOre

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF CON INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	03/2018	DE_Lotto.2-E1352_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

ALLEGATO N – CD-ROM