

Scuola media Rizzo-Alessi e scuola elementare G. Pascoli E964

Via Ignazio Pallavicini 3A/7

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



**Scuola media Rizzo-Alessi e scuola elementare G. Pascoli
E964**

Via Ignazio Pallavicini 3A/7

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

FABRYCA srl Società di Ingegneria

Via Matteotti, 20 – 26838 Tavazzano con Villavesco (LO)

genova.auditlotto7@fabryca.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
1	03/08/2018	Ing. BERTONI LUCA	Arch. TOMA MAURIZIO Responsabile	Ing. BERTONI LUCA	Prima Pubblicazione
		Arch. TOMA MAURIZIO	Involucro		
		BROGNOLI GIORDANA	Ing. BATTAGLIA OSCAR Responsabile Impianti		

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
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
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
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>	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	33
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	37
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	39
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	43
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	43
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	45
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	52
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	53
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	54



8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	55
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	55
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	55
8.1.1	<i>Impianto riscaldamento</i>	59
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	61
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	61
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	67
	SINTESI	73
10	CONCLUSIONI	82
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	82
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	82
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	83
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A-1
	ALLEGATO B – ELABORATI	B-1
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	C-1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	D-1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	E-1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	F-1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	G-1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	H-1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	I-1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	J-1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	K-1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	L-1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	M-1
	ALLEGATO N – CD-ROM	N-1



EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1880
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.867,51
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.292,84
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	9.848,38
Rapporto S/V	[1/m]	0,33
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.332,03
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.332,03
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	449
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[kg/anno]	28.215
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	50.507
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	21.116
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	38.571
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	8.169

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO ESTERNO
- EEM 2: COPERTURA
- EEM 3: SOSTITUZIONE SERRAMENTI
- EEM 4: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI
- SCN 1: CAPPOTTO ESTERNO, COPERTURA, SOSTITUZIONE SERRAMENTI, VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

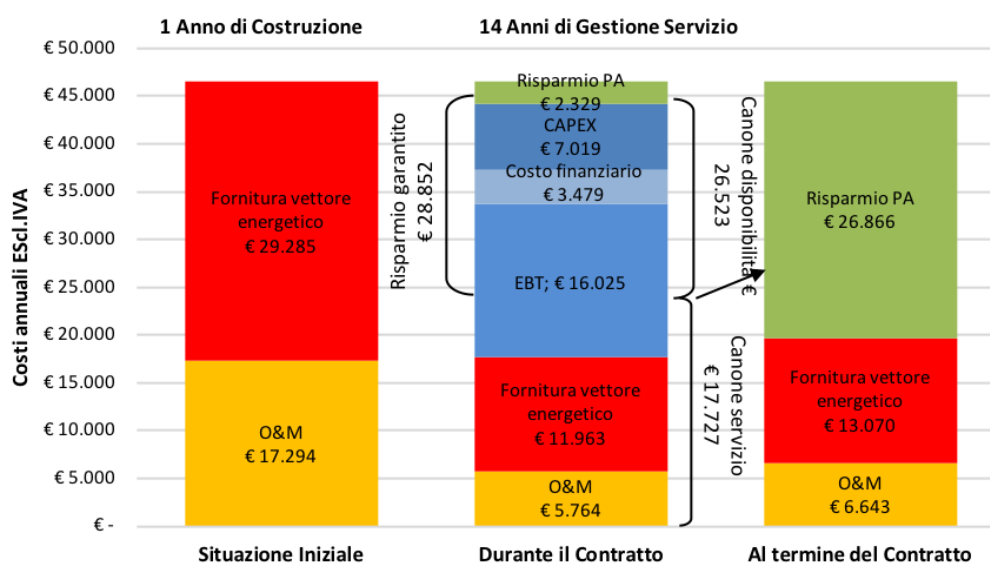
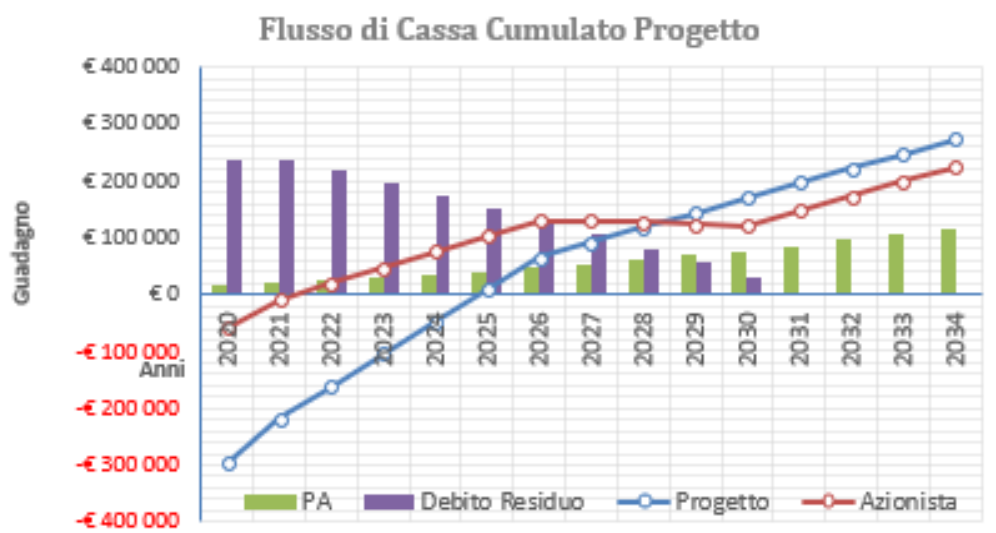
Lo scenario SCN 2 non è stato inserito in quanto tutti gli interventi hanno vita utile inferiore a 15 anni.

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

CON INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	24.8	15.5	2.939	4.286	0	172.356	12.9	26.8	30	4.677	5.4	0.03	24.8	15.5
EEM 2	16.5	10.4	1.959	2.856	0	48.149	5.7	7.9	30	37.810	13.5	0.79	16.5	10.4
EEM 3	0.9	5.7	1.086	1.584	0	52.800	10.8	19.7	30	7.407	6.8	0.14	0.9	5.7
EEM 4	23.6	15.8	2.994	4.081	0	15.680	1.9	2.2	15	50.955	46.6	3.25	23.6	15.8
SCN 2	76.5	48.6	9.199	12.246	0	288.985	2.3	2.53	30	117.644	58.6	40.7	1.499	1.723

<

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Dall'analisi con tempo di ritorno di 15 anni gli interventi risultano convenienti.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

Figura 1.1 - Vista della facciata



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
Luca Bertoni, Giordana Brognoli		Sopralluogo in sito
Giordana Brognoli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Paolo Ravera		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Maurizio Toma	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Oscar Battaglia	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Luca Bertoni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU SEZ. PEG F. 45 Mapp. 357 Sub. 1, 8, 9 è sito nel Comune di Genova e più precisamente in via Ignazio Pallavicini 3A/7.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola media e elementare.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1880
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.867,51
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.292,84
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	9.848,38
Rapporto S/V	[1/m]	0,33
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.882,51
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.332,03
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.332,03
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	449
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-

Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	28.215
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	50.507
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	21.116
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	38.571
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	8.169

Nota (1): Valori di Baseline

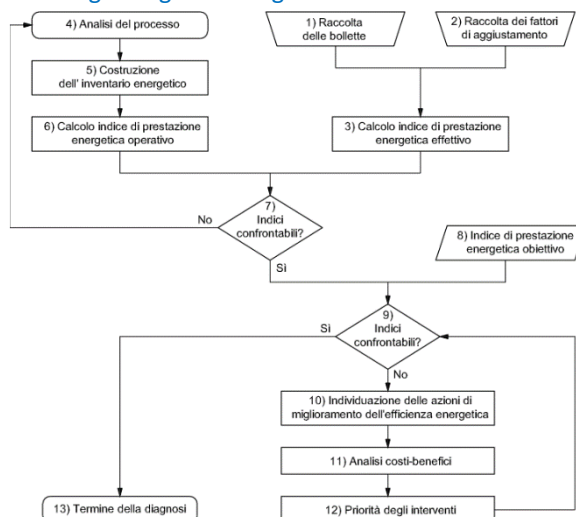
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 30/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Leto versione 4.0.2.5 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) certificato n. 80 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;

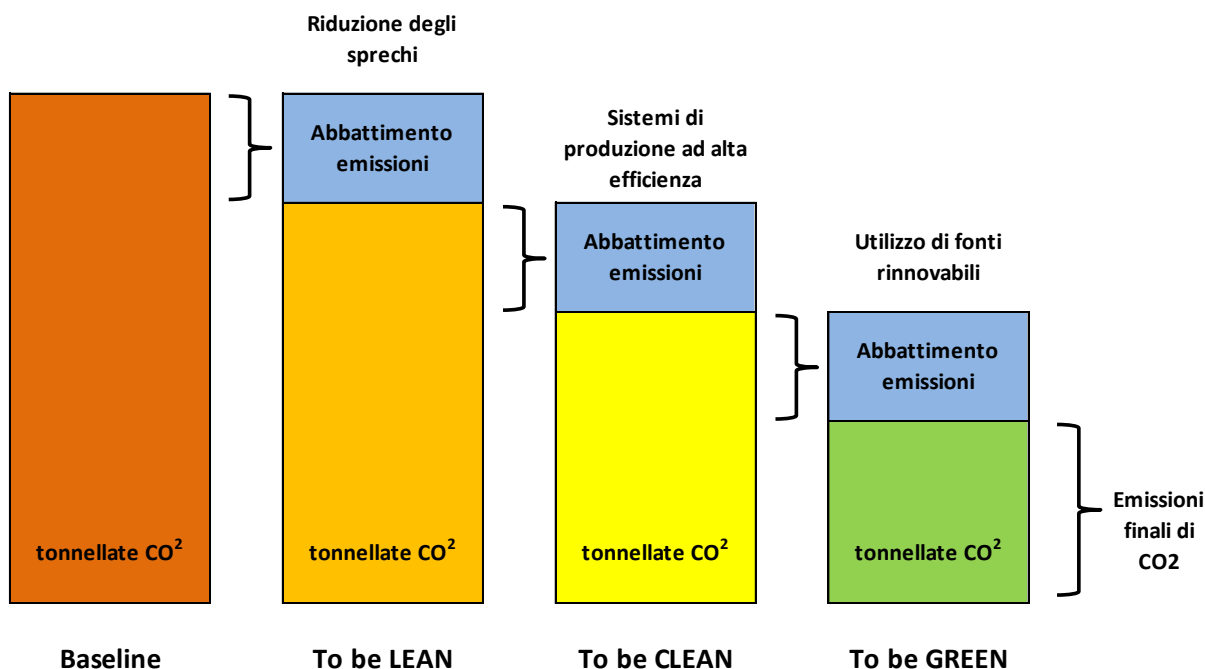
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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 domande d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

2 DATI DELL'EDIFICIO

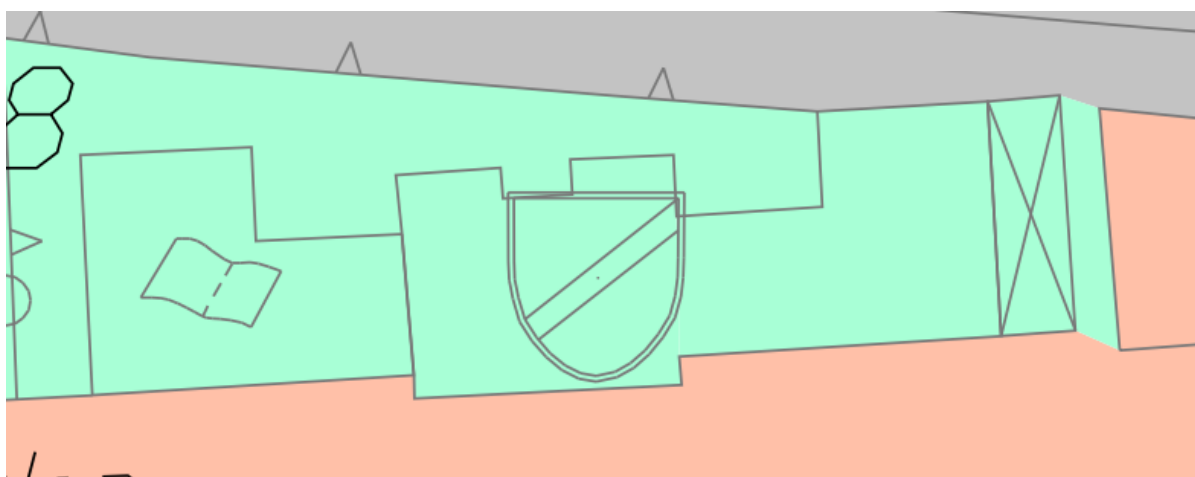
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale

LEGENDA

AMBITI DEL TERRITORIO EXTRAURBANO		AMBITI SPECIALI		INFRASTRUTTURE	
	AC-NI ambito di conservazione del territorio non insediato		parchi di interesse naturalistico e paesaggistico		autostrada esistente
	AC-VP ambito di conservazione del territorio di valore paesaggistico e panoramico		sistemi di paesaggio		autostrada di previsione
	AR-PA ambito di riqualificazione delle aree di produzione agricola		macro area paesaggistica		ferrovia esistente
	AR-PR (a) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale		ambito con disciplina urbanistica speciale		ferrovia di previsione
	AR-PR (b) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale		fascia di protezione "A" stabilimenti a rischio rilevante		trasporto pubblico in sede propria di previsione
	AC-CS ambito di conservazione del centro storico urbano		fascia di protezione "B" stabilimenti a rischio rilevante		SIS-I viabilità principale esistente
	AC-VU ambito di conservazione del verde urbano strutturato		area di osservazione stabilimenti a rischio di incidente rilevante (Variante PTC della Provincia - D.C.P. 39/2008)		SIS-I viabilità principale di previsione
	AC-US ambito di conservazione dell'impianto urbano storico		ambito portuale		SIS-I viabilità di previsione
	AC-AR ambito di conservazione Antica Romana		aree di cava individuate dal Piano Territoriale delle attività estrattive		nodi infrastrutturali
	AC-IU ambito di conservazione dell'impianto urbanistico		aree di esproprio-cantiere relative a opere infrastrutturali		assi di relazione città-porto di previsione
	AR-UR ambito di riqualificazione urbanistica - residenziale		distretto di trasformazione		assi di relazione città-porto da concertare con Intesa L. 84/94
	AR-PU ambito di riqualificazione urbanistica produttivo - urbano		rete idrografica		SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici
	AR-PI ambito di riqualificazione urbanistica produttivo - industriale		limiti amministrativi: Municipi		SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico
	ACO-L ambito complesso per la valorizzazione del litorale		limiti amministrativi: Comune		SIS-S servizi omitenali



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

L'edificio ove sono ubicate le scuole risale al 1880 e ai sensi del DPR 412/93 ricade nella destinazione d'uso [E.4 - Edifici adibiti ad attività scolastiche].

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 ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra più un piano seminterrato utilizzato dalla croce verde locale. Inoltre la parte tre piani ospita gli uffici del comune e quindi non è soggetta alla diagnosi. Le parti laterali del fabbricato sono adibite alle scuole e vi si sviluppano le varie aule.

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



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

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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA (2)	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA(3)	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA(3)
Terra	Ingresso, aule	[m ²]	825,22	666,43	0
Primo	Aule	[m ²]	797,33	647,79	0
Secondo	Aule	[m ²]	694,48	553,29	0
TOTALE		[m ²]	1.132,04	914,65	0

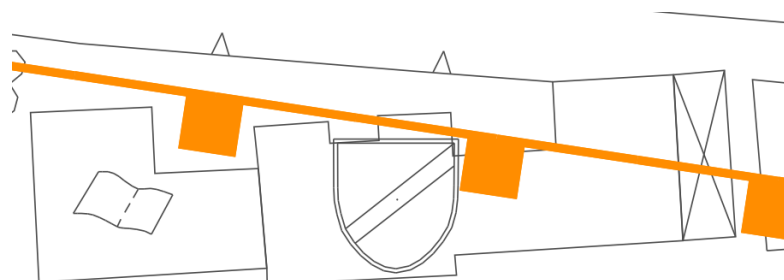
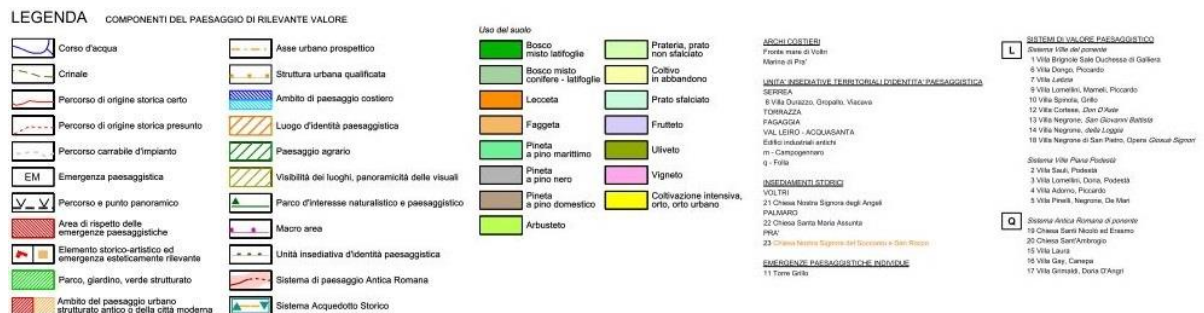
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

Dal punto di vista storico-artistico l'edificio non è soggetto a vincoli di sorta.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli






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

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

[Specificare per ognuna delle EEM che verranno successivamente analizzate i vincoli storici, architettonici, paesaggistici o archeologici che potrebbero interferire con la realizzazione dell'intervento proposto, indicando il tipo di vincolo interessato, il livello di interferenza previsto e le eventuali misure di tutela e/o accorgimenti da adottare]

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: cappotto esterno involucro opaco	-		Trattandosi di un edificio di fine '800 è preferibile optare per la realizzazione di un cappotto interno
EEM 2: riqualificazione copertura	-		-
EEM 3: sostituzione dei serramenti	-		-
EEM 4: riqualificazione impianto di riscaldamento	-		-
EEM 5: sostituzione apparecchi illuminanti	-		-
EEM 6: installazione valvole termostatiche	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste al personale e visione del calendario scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal comune e verificati – ove possibile, da sonde di temperature e umidità interna.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 novembre al 15 aprile	dal lunedì al venerdì	8.00 – 16.30	6.30 – 17.30 e 6.30 – 15.00
	sabato e domenica	chiuso	chiuso
Dal 15 aprile al 31 ottobre	tutti i giorni	spento	spento

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico pdr 1

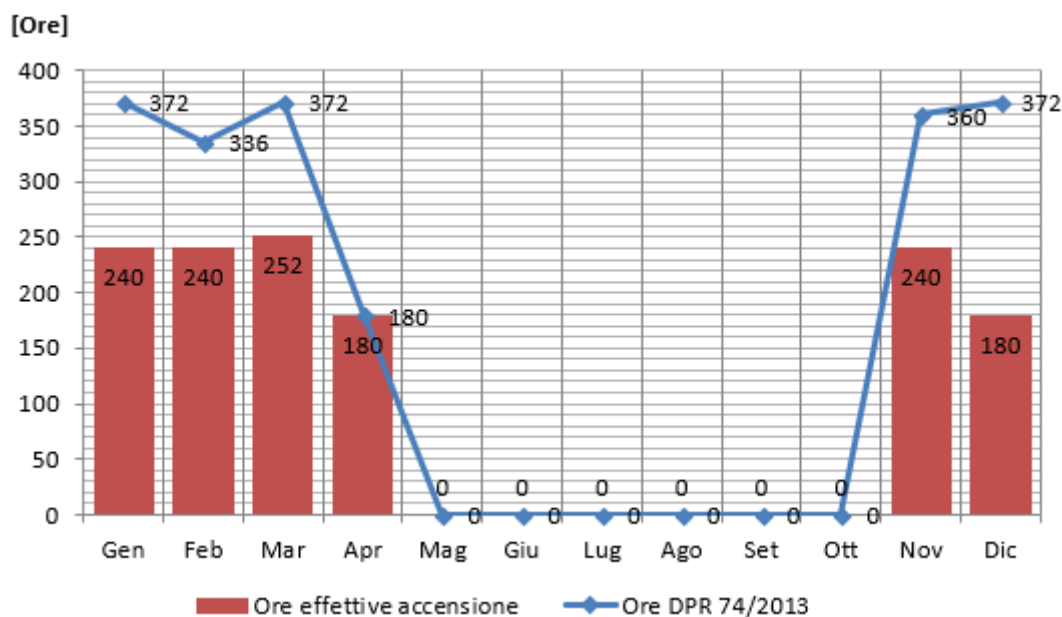
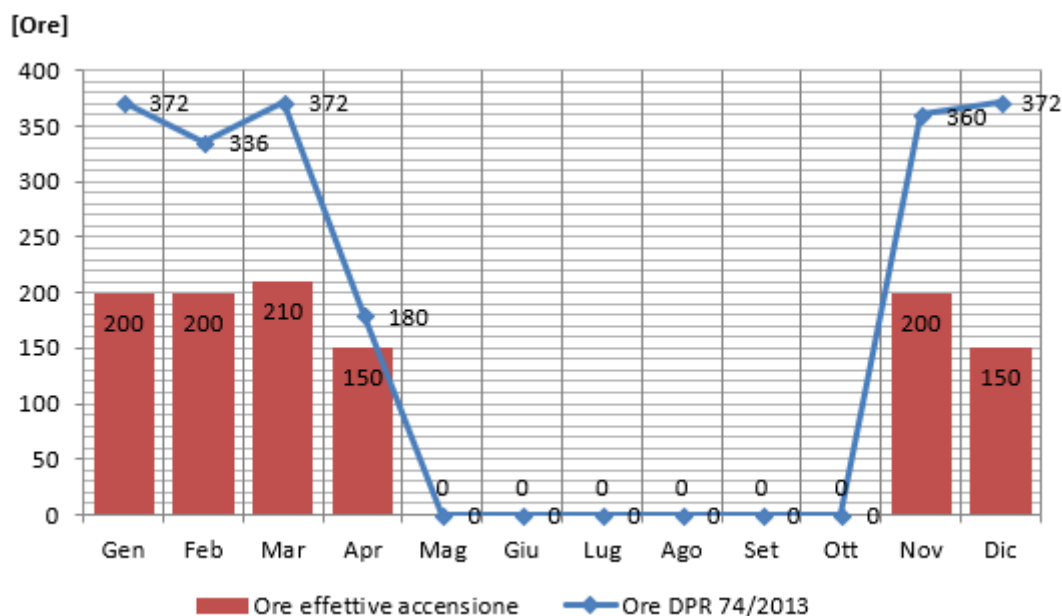


Figura 2.5 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico pdr 2



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di espletamento delle lezioni, con accensione anticipata per garantire temperature di comfort all'avvio delle lezioni.

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.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	111	926	100%

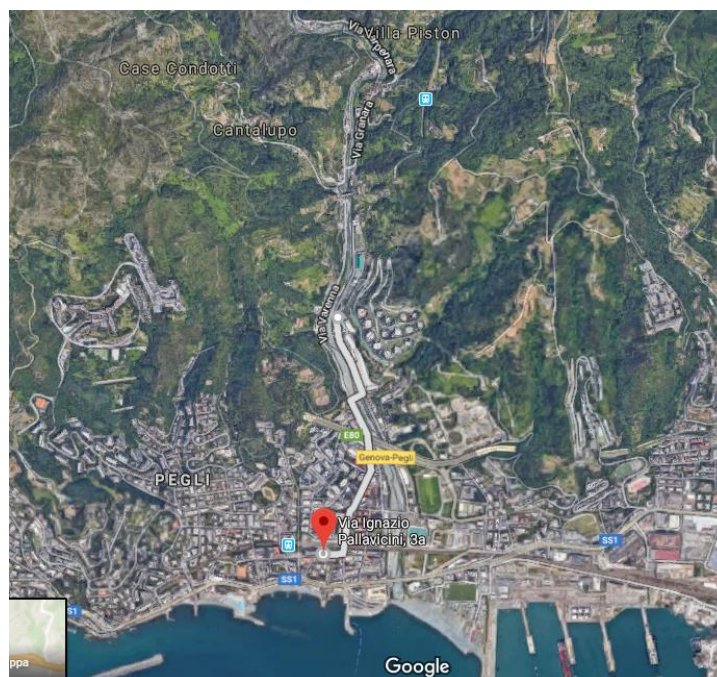
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA – PEGLI:

- Longitudine Gradi° Primi' Secondi'' 8° 49' 28.56''
- Latitudine Gradi° Primi' Secondi' 44° 25' 56.172''
- Altezza sul livello del mare (m) 69.

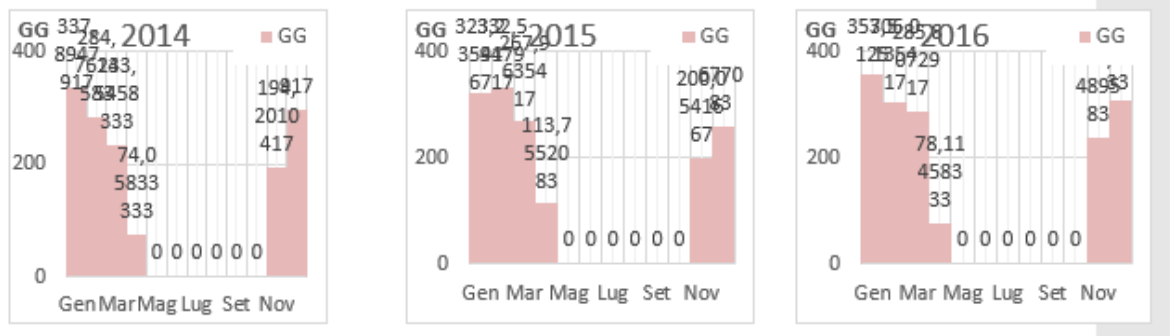
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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



GG₂₀₁₄(166 giorni) = 1423

GG₂₀₁₅(166 giorni) = 1498

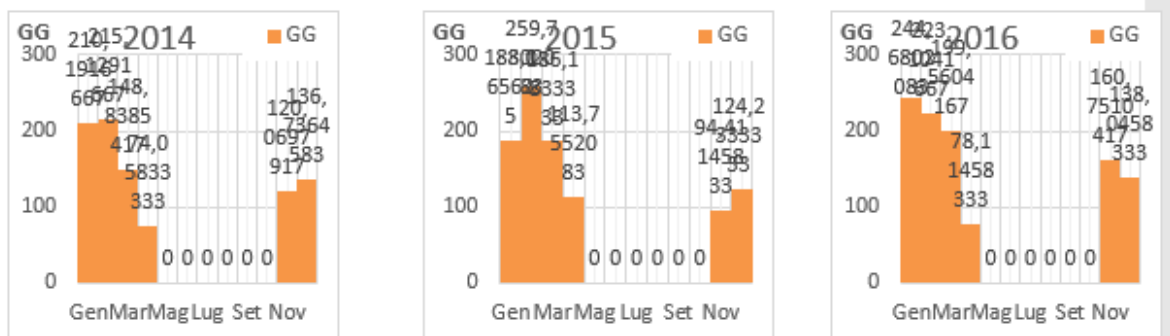
GG₂₀₁₆(166 giorni) = 1576

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 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



GG₂₀₁₄(111 giorni) = 902

GG₂₀₁₅(111 giorni) = 965

GG₂₀₁₆(111 giorni) = 1043

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG aumenta nel triennio di analisi, indicando un sensibile aumento delle temperature esterne.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico corpo strutturale realizzato con le tecniche di fine '800 e quindi mattoni e sassi debitamente intonacati.

Il piano interrato della struttura è utilizzato dalla croce verde e la copertura dà su sottotetto non riscaldato.

I serramenti sono essenzialmente di due tipi: telaio di alluminio con vetro singolo e telaio di legno con vetro singolo.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



Il profilo termico della struttura è dovuto in gran parte alla sua morfologia: pareti spesse, copertura non isolata, serramenti poco performanti.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che trattandosi di un edificio di valenza storica non è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro stesso.

Figura 4.2 - Particolare della facciata

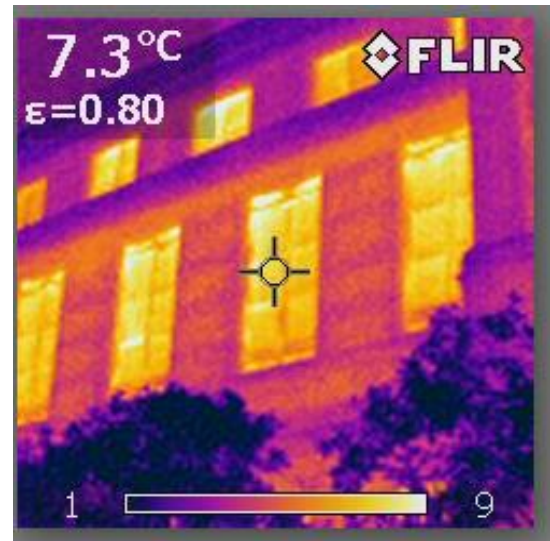


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro e delle modalità di utilizzo degli ambienti interni si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera per determinare la posizione delle irregolarità termiche;
- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoigrometriche con frequenza di acquisizione ogni 30'.

Non si è proceduto alla verifica delle trasmittanze di parete mediante termoflussimetro, non avendo riscontrato, per il posizionamento dello strumento nelle zone in cui la misura poteva ritenersi significativa, le condizioni di sicurezza richieste per una misura validabile, per il tempo necessario.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete

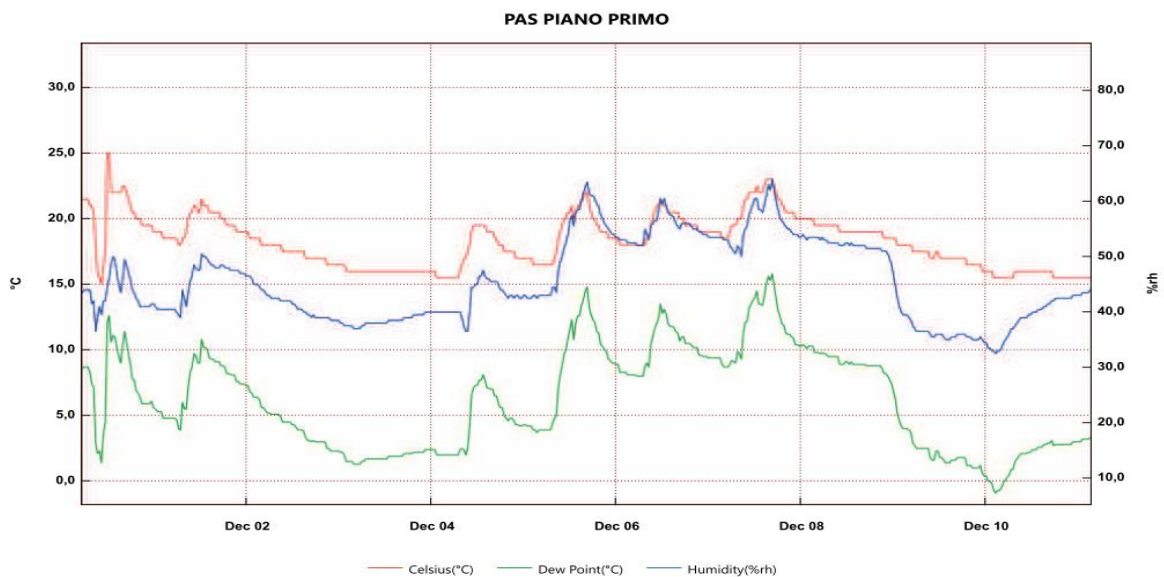


Dal 30 novembre al 11 dicembre 2017 è stata posizionata, all'interno dell'edificio scolastico, una sonda che ha rilevato in continuo i valori di temperatura ed umidità relativa, i cui risultati sono riportati in allegato – PAS PIANO PRIMO.

La sonda è stata posizionata in un'aula con presenza costante di studenti. Interrogando il corpo docenti sullo stato di comfort dell'istituto, si è cercato di posizionare la sonda nella zona più "critica" dell'istituto (o la più fredda o la più calda) per avere risultati significativi e utili ai fini della diagnosi.

Il grafico riporta le seguenti informazioni:

- la linea rossa riporta i valori di temperatura in °C, secondo la scala graduata a sinistra;
- la linea blu riporta i valori di umidità relativa, secondo la scala graduata sulla destra;
- la linea verde riporta il valore di temperatura (cd. temperatura di rugiada)



From: giovedì 30 novembre 2017 5.08.01 - To: lunedì 11 dicembre 2017 3.40.44

Dal grafico si nota che le temperature si mantengono – durante le giornate di lezione, sempre tra i 16 e i 20 °C.

I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportati all'Allegato C – Report di indagine termografica ed all'Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Copertura	E964 - Copertura	30	Assente	1,681	Buono
Parete verticale	E964 – M1	65	Assente	1,121	Buono
Parete verticale	E964 – M2	15	Assente	1,121	Buono
Parete verticale	E964 - M3	50	Assente	1,378	Buono
Parete verticale	E964 – M4	80	Assente	0,944	Buono
Parete verticale	E964 – M5	40	Assente	1,627	Buono
Sottofinestra	E964 - Sottofinestra	30	Assente	1,987	Buono
Pavimento controterra	E964 - Pavimento CT	30	Assente	1,272	Buono
Pavimento	E964 - Pavimento su NR	30	Assente	1,151	Buono
Porta	E964 - PORTA	10	Assente	1,378	Buono

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da due tipi di serramento: telaio di alluminio con vetro singolo e telaio di legno con vetro singolo.

Lo stato di conservazione di entrambi è piuttosto scarso; pertanto si generano infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti, causando dispersioni termiche e creando disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



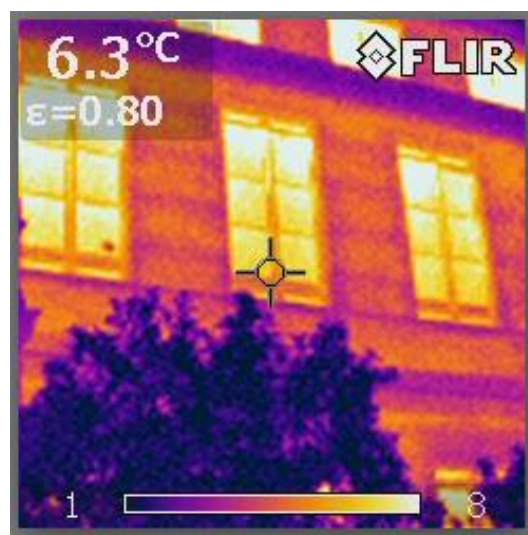
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro e delle modalità di utilizzo degli ambienti interni si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera per determinare la posizione delle irregolarità termiche;

- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoigrometriche con frequenza di acquisizione ogni 30'.

Non si è proceduto alla verifica delle trasmittanze di parete mediante termoflussimetro, non avendo riscontrato, per il posizionamento dello strumento nelle zone in cui la misura poteva ritenersi significativa, le condizioni di sicurezza richieste per una misura validabile, per il tempo necessario.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	155X170	Legno	Singolo	4,704	Buono
Serramento verticale	F2	140X235	Alluminio	Singolo	3,835	Buono
Serramento verticale	F3	190X160	Legno	Singolo	0,579	Buono
Serramento verticale	F4	120X160	Alluminio	Doppio	2,651	Buono
Serramento verticale	F5	160X145	Legno	Singolo	4,685	Buono
Serramento verticale	F6	155X185	Alluminio	Doppio	4,854	Buono
Serramento verticale	F7	180X180	Alluminio	Doppio	4,905	Buono
Serramento verticale	F8	290X155	Legno	Singolo	4,744	Buono
Serramento verticale	F9	150X280	Alluminio	Singolo	4,821	Buono
Serramento verticale	F10	155X170	Alluminio	Singolo	4,880	Buono
Serramento verticale	F11	150X85	Alluminio	Doppio	2,652	Buono
Serramento verticale	F12	40X170	Alluminio	Doppio	2,663	Buono
Serramento verticale	F13	60X170	Alluminio	Doppio	2,681	Buono
Serramento verticale	F14	120X230	Legno	Singolo	4,256	Buono
Serramento verticale	F15	190X300	Legno	Singolo	5,224	Buono
Serramento verticale	F16	160X305	Legno	Singolo	4,948	Buono
Serramento verticale	F17	195X255	Allumini	Singolo	4,815	Buono
Serramento verticale	F18	185X55	Legno	Singolo	4,571	Buono
Serramento verticale	F19	150X160	Legno	Singolo	5,097	Buono



Serramento verticale	F20	120X175	Legno	Singolo	4,480	Buono
Serramento verticale	F21	185X270	Legno	Singolo	5,218	Buono
Serramento verticale	F22	185X170	Legno	Singolo	5,076	Buono
Serramento verticale	F23	125X220	Legno	Singolo	4,798	Buono
Serramento verticale	F24	185X300	Alluminio	Singolo	5,094	Buono
Serramento verticale	F25	60X100	Legno	Singolo	4,461	Buono
Serramento verticale	F26	160X300	Legno	Singolo	5,193	Buono
Serramento verticale	F40	120X160	Legno	Singolo	4,528	Buono
Serramento verticale	F60	155X185	Legno	Singolo	4,772	Buono

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 n.1 caldaia tradizionale per la climatizzazione invernale.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6 – Particolare dei radiatori

- Radiatori su parete



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 (UNI TS 11300:2)

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola elementare	Radiatori su parete	95%
Scuola media	Radiatori su parete	95%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra (elementare)	Radiatori a parete	11	2,323	25,554
Primo (elementare)	Radiatori a parete	13	2,244	29,171
Secondo (elementare)	Radiatori a parete	16	2,520	40,319
Terra (media)	Radiatori a parete	11	2,667	29,337
Primo (media)	Radiatori a parete	10	3,036	30,356
Secondo (media)	Radiatori a parete	10	2,980	29,799
TOTALE		71		179,535

L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit e Allegato E – Mappatura termosifoni E964.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento. Non sono presenti termostati ambiente.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica scuola elementare

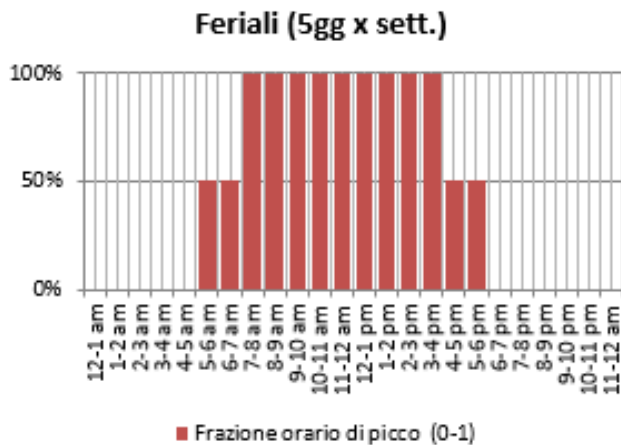
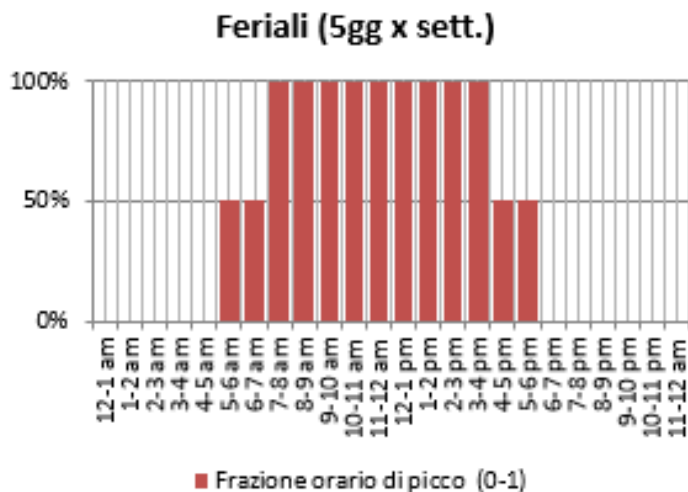


Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica scuola media



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
Scuola elementare	Climatica	71,73%
Scuola media	Climatica	71,73%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito secondario di mandata ai radiatori (fluido termovettore acqua).



Circuito secondario: è' presente una pompa di circolazione gemellare per i due circuiti secondari così denominati:

- Zona 1: scuola media;
- Zona 2: scuola elementare

Dai rilievi effettuati è stato possibile ricavare solo la potenza assorbita dalle pompe.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁷⁾ m ³ /h	PREVALENZA ⁽⁷⁾ kPa	POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾ kW
Zona 1	P1/A – P1/B	mandata acqua calda	-	-	0,915
Zona 2	P1/A – P1/B	mandata acqua calda	-	-	0,915

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

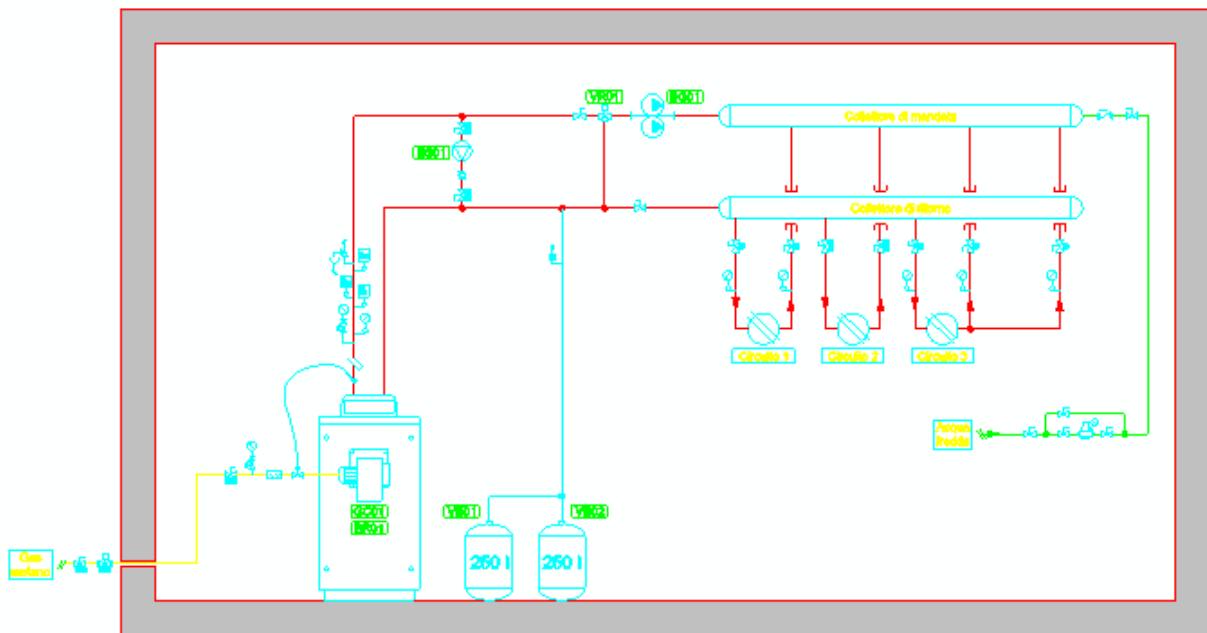
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Zona 1	Mandata	Caldo	Non rilevata	70
	Ritorno	Caldo	[...]	40
Zona 2	Mandata	Caldo	Non rilevata	70
	Ritorno	Caldo	[...]	40

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 90%.

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 n.1 caldaia tradizionale.

Figura 4.10 - Particolare del generatore



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]	
Gen 1	Riscaldamento	IVAR SUPERCAP	405P	2003	449	407	93,7%	449

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 77,80%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio.

La produzione è eseguita tramite nove bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale della scuola e degli studenti.

Figura 4.11 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

Tabella 4.9 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria (UNI TS 11300:2)

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	99%	0	0	75%	31%

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate e sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche (UNI TS 11300:2)

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA	POTENZA	ORE ANNUE DI
			NOMINALE	COMPLESSIVA	
			W	W	ore
Tutte	PC 1	27	600	16.200	1.020
Tutte	Proiettore 1	1	800	800	1.020
Tutte	Proiettore 2	4	900	3.600	1.020
Tutte	Proiettore 3	2	600	1.200	1.020
Tutte	Proiettore 4	1	31	31	1.020
Tutte	Stampante 1	2	900	1.800	1.020
Tutte	Stampante 2	1	800	800	1.020
Tutte	Lavagna interattiva 1	6	31	186	1.020
Tutte	Lavagna interattiva 2	1	900	900	1.020

L'elenco riportato in tabella 4.13 fa riferimento alle principali utenze elettriche rilevate nell'edificio scolastico oltre all'illuminazione. Le utenze elettriche presenti nelle aule dedicate al ristoro del corpo insegnante e di altro personale non sono riportati nella precedente tabella in quanto non significativi. Sono tuttavia state elencate nell'Allegato E - Schema energetico – E964 con specifiche caratteristiche.

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti elettrici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo con censimento di tutte le utenze elettriche e interviste al personale sulle ore di utilizzo / funzionamento
- Realizzazione di un modello energetico elettrico dove per ciascun'utenza rilevata sono state indicate le ore e i giorni di utilizzo, numero e potenza elettrica installata, fattori di contemporaneità e di carico che hanno permesso di individuare il consumo annuo totale di tutte le utenze elettriche in funzione dei consumi rilevati da bolletta.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli apparati ICT vengono utilizzati quasi per l'intera giornata
- Le altre utenze vengono usate solo in caso di necessità.

Figura 4.12 – Particolare rilievo



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 e in Allegato E - Schema energetico – E964.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, principalmente neon e fluorescenti da 36, 58 e 18 W.

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA W	POTENZA COMPLESSIVA W
Tutte	Fluorescente	44	18	792
Tutte	Fluorescente	281	36	10.116
Tutte	Fluorescente	7	58	406

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 e in Allegato E - Schema energetico – E964.

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.

Nel 2014 è stata effettuata una conversione da gasolio a gas metano, ma essendo tale valore significativo per la baseline non è stato inserito.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il 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	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm ³]	[kWh/Nm ³]	[Sm ³ /Nm ³]	[kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 (*)	0,85	n/a	n/a	10,09

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1

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

L'analisi dei consumi storici di gas metano si basa sulla base di 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	Combustibile	2014			2015			2016		
			[lt]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
16220050605892	Riscaldamento	Gasolio	19.000	0	0	0	198.485	127.448	-	-	-
		Metano	0	720	13.529	-	-	-	-	-	-
3270023963285	Riscaldamento	Metano	-	678	748	690	6.387	7.046	6.497	-	-

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

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

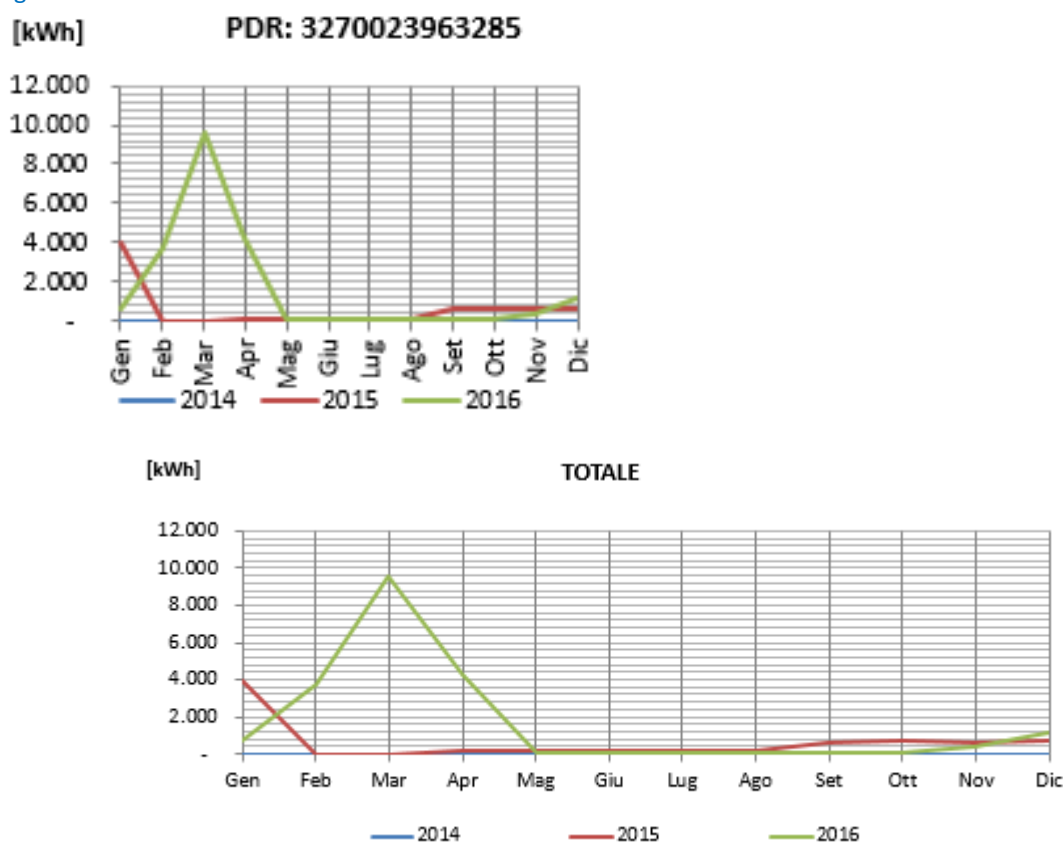
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 3270023963285	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen			71	-	3.975	669
Feb		422	402	-	-	3.787
Mar			1.014	-	-	9.552
Apr		16	455	-	151	4.286
Mag		17	7	-	160	66
Giu		17	6	-	160	57
Lug		17	5	-	160	47
Ago		17	6	-	160	57
Set		67	6	-	631	57
Ott		72	7	-	678	66
Nov		69	38	-	650	358
Dic		72	122	-	678	1.149
Totale	-	786	2.139	-	7.404	20.149

I dati non inseriti non risultavano presenti nella documentazione fornita.

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU [166] GIORNI	GG _{RIF} SU [166] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [1421] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.423	1.421	678	6.389	4,5	6.381		
2015	1.498	1.421	1.468	13.833	89,4	127.063		
2016	1.576	1.421	14.219	133.981	85,0	120.810		
Media	1.499	1.421	5.455	51.401	89,4	127.012		

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

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}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	127.012
$Q_{baseline}$	127.012

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 4 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola elementare;
- Scuola media.

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 sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096361	Scuola elementare e media	3.582	2.170	599	4.492
IT001E00096359	Scuola elementare e media	6.962	6.812	8.393	7.726
IT001E00122369	Scuola elementare e media	12.656	14.383	15.727	15.229
IT001E00096360	Scuola elementare e media	15.425	15.606	19.781	17.738
TOTALE		38.625	38.971	44.470	122.066

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-E964) ed è emerso che i consumi forniti dalla PA sono maggiori di quelli ricavati dalle bollette per tutti i POD.

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 38.572 kWh.

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

POD: IT001E00096359	F1	F2	F3	TOTALE	POD: IT001E00096360	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	608	115	163	886	Gen - 14	1.614	268	341	2.223
Feb - 14	541	105	128	774	Feb - 14	1.454	189	176	1.819
Mar - 14	516	101	129	746	Mar - 14	1.372	219	212	1.803
Apr - 14	438	80	123	641	Apr - 14	1.063	171	160	1.394
Mag - 14	444	112	219	775	Mag - 14	923	164	169	1.256
Giu - 14	187	58	112	357	Giu - 14	478	100	154	732
Lug - 14	66	40	69	175	Lug - 14	141	71	115	327
Ago - 14	48	38	73	159	Ago - 14	45	38	82	165
Set - 14	320	78	93	491	Set - 14	603	122	126	851
Ott - 14	500	98	109	707	Ott - 14	1.037	152	134	1.323
Nov - 14	455	105	128	688	Nov - 14	1.271	177	199	1.647
Dic - 14	380	79	104	563	Dic - 14	1.250	231	404	1.885
Totale	4.503	1.009	1.450	6.962	Totale	11.251	1.902	2.272	15.425
POD: IT001E00096359	F1	F2	F3	TOTALE	POD: IT001E00096360	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	450	98	104	652	Gen - 15	1.374	367	568	2.309
Feb - 15	458	96	84	638	Feb - 15	1.325	313	457	2.095
Mar - 15	428	92	108	628	Mar - 15	1.115	229	319	1.663
Apr - 15	387	99	118	604	Apr - 15	957	203	341	1.501
Mag - 15	390	117	172	679	Mag - 15	857	142	177	1.176
Giu - 15	142	46	72	260	Giu - 15	372	89	123	584
Lug - 15	49	26	42	117	Lug - 15	76	55	96	227
Ago - 15	31	21	43	95	Ago - 15	32	21	38	91
Set - 15	390	103	119	612	Set - 15	638	130	101	869
Ott - 15	701	133	141	975	Ott - 15	1.116	221	192	1.529
Nov - 15	645	98	128	871	Nov - 15	1.439	219	240	1.898
Dic - 15	491	81	109	681	Dic - 15	1.244	170	250	1.664
Totale	4.562	1.010	1.240	6.812	Totale	10.545	2.159	2.902	15.606
POD: IT001E00096359	F1	F2	F3	TOTALE	POD: IT001E00096360	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	592	101	128	821	Gen - 16	1.360	197	285	1.842
Feb - 16	630	91	92	813	Feb - 16	1.379	220	243	1.842
Mar - 16	537	85	112	734	Mar - 16	1.155	214	272	1.641
Apr - 16	454	119	227	800	Apr - 16	941	186	198	1.325
Mag - 16	513	96	118	727	Mag - 16	1.140	294	403	1.837
Giu - 16	135	53	88	276	Giu - 16	476	237	435	1.148
Lug - 16	104	70	118	292	Lug - 16	261	204	368	833
Ago - 16	95	69	138	302	Ago - 16	233	165	320	718
Set - 16	390	90	104	584	Set - 16	778	248	346	1.372
Ott - 16	683	96	135	914	Ott - 16	1.440	381	489	2.310
Nov - 16	820	110	151	1.081	Nov - 16	1.719	364	517	2.600

Dic - 16	605	145	269	1.019
Totale	5.558	1.125	1.680	8.363

Dic - 16	1.358	367	588	2.313
Totale	12.240	3.077	4.464	19.781

POD: IT001E00096361	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14				624
Feb - 14				623
Mar - 14				623
Apr - 14				198
Mag - 14				204
Giu - 14				198
Lug - 14				204
Ago - 14				104
Set - 14				198
Ott - 14				204
Nov - 14				198
Dic - 14				204
Totale	-	-	-	3.582

POD: IT001E00122369	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	740	160	267	1.167
Feb - 14	507	164	381	1.052
Mar - 14	567	160	315	1.042
Apr - 14	556	140	261	957
Mag - 14	710	172	276	1.158
Giu - 14	463	143	267	873
Lug - 14	447	154	250	851
Ago - 14	368	150	278	796
Set - 14	542	163	253	958
Ott - 14	685	184	261	1.130
Nov - 14	771	175	386	1.332
Dic - 14	843	180	317	1.340
Totale	7.199	1.945	3.512	12.656

POD: IT001E00096361	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15				204
Feb - 15				-
Mar - 15				198
Apr - 15				
Mag - 15				543
Giu - 15				
Lug - 15				204
Ago - 15				204
Set - 15				211
Ott - 15				
Nov - 15				402
Dic - 15				204
Totale	-	-	-	2.170

POD: IT001E00122369	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	825	187	295	1.307
Feb - 15	798	195	284	1.277
Mar - 15	727	169	299	1.195
Apr - 15	827	171	352	1.350
Mag - 15	589	184	362	1.135
Giu - 15	507	161	307	975
Lug - 15	627	175	316	1.118
Ago - 15	560	165	335	1.060
Set - 15	541	184	309	1.034
Ott - 15	780	227	330	1.337
Nov - 15	735	207	329	1.271
Dic - 15	781	196	347	1.324
Totale	8.297	2.221	3.865	14.383

POD: IT001E00096361	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16				204
Feb - 16				191
Mar - 16				204
Apr - 16				-
Mag - 16				-
Giu - 16				-
Lug - 16				-
Ago - 16				-

POD: IT001E00122369	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	832	215	380	1.427
Feb - 16	1.008	216	318	1.542
Mar - 16	930	216	372	1.518
Apr - 16	734	216	390	1.340
Mag - 16	881	220	369	1.470
Giu - 16	535	192	356	1.083
Lug - 16	422	197	383	1.002
Ago - 16	440	197	394	1.031

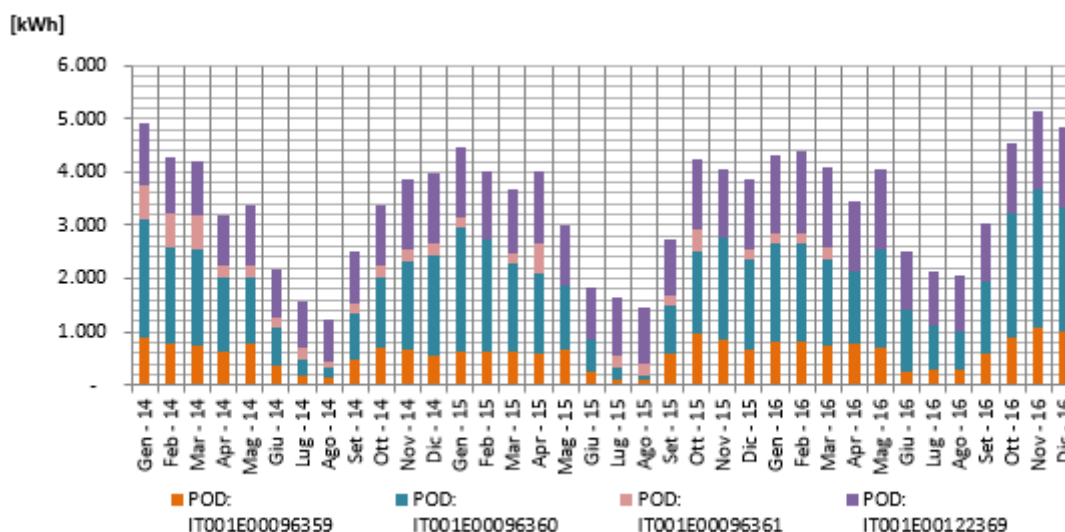
E964 – Scuola media Alessi-Rizzo e scuola elementare G. Pascoli

Set - 16				-	Set - 16	486	210	370	1.066
Ott - 16				-	Ott - 16	707	218	383	1.308
Nov - 16				-	Nov - 16	852	218	382	1.452
Dic - 16				-	Dic - 16	808	238	442	1.488
Totale	-	-	-	599	Totale	8.635	2.553	4.539	15.727

I dati non inseriti non risultavano presenti nella documentazione fornita.

Considerando la presenza di più POD a servizio dell'edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.2 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

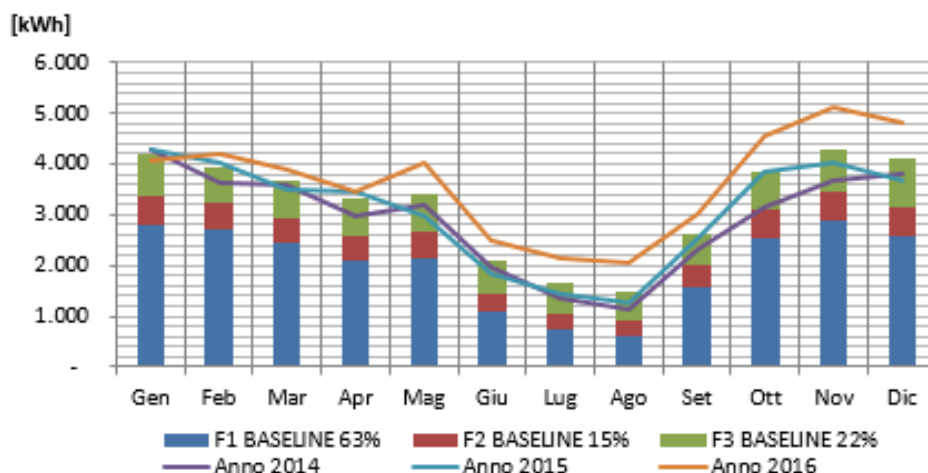
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
Gennaio	2.798	569	844	4.211
Febbraio	2.700	530	721	3.951
Marzo	2.449	495	713	3.657
Aprile	2.119	462	723	3.304
Maggio	2.149	500	755	3.404
Giugno	1.098	360	638	2.096
Luglio	731	331	586	1.647
Agosto	617	288	567	1.472
Settembre	1.563	443	607	2.612
Ottobre	2.550	570	725	3.844
Novembre	2.902	558	820	4.280
Dicembre	2.587	562	943	4.092
Totale	24.263	5.667	8.641	38.572

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti e regolari, con una diminuzione dei consumi nel periodo estivo (giugno – agosto).

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici.

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 5.9 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - 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

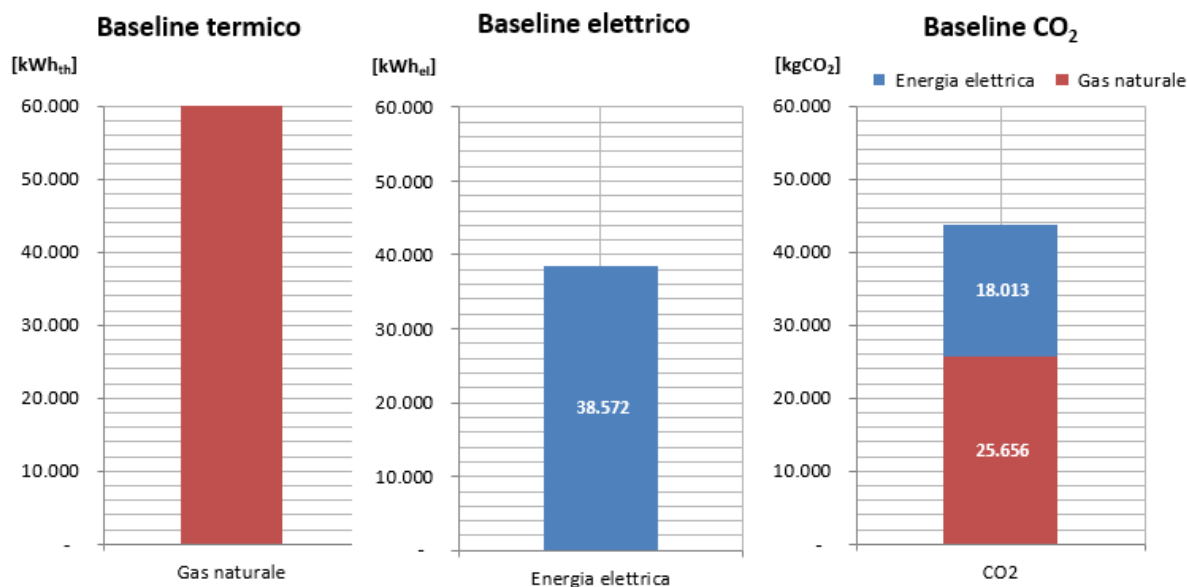
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella tabella 5.10.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE		FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]	
Gas naturale	127.012	0,202	25.656	
Energia elettrica	38.572	0,467	18.013	
Gasolio	191.701	0,267	51.184	

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.

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

Tabella 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.866	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.316	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	9.848	m ³

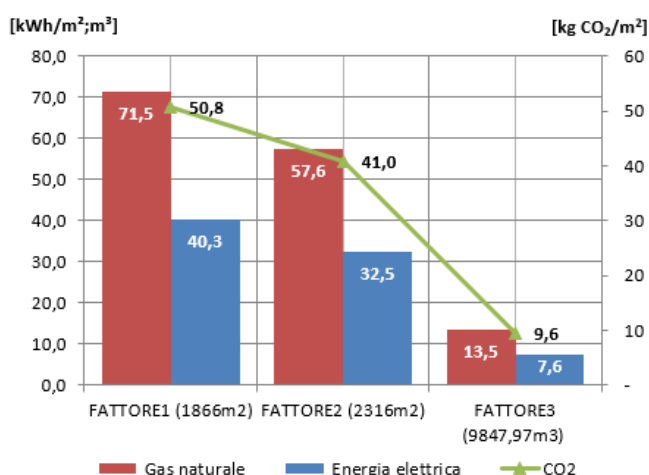
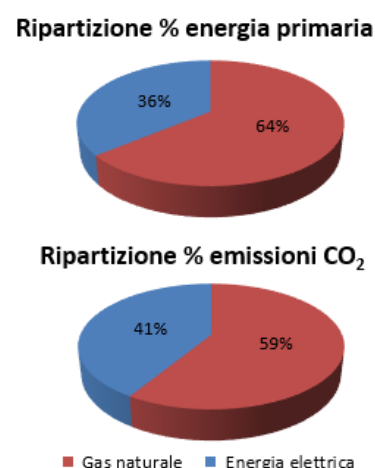
Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.13 – 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	50.507	1,05	53.032	28,4	22,9	5,4	5,47	4,41	1,04
GPL o gasolio	191.701	1,07	205.120	109,9	88,6	20,8	27,43	22,10	5,20
Energia elettrica	38.572	2,42	93.343	50,0	40,3	9,5	9,65	7,78	1,83
TOTALE			351.496	188	152	36	43	34	8

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	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	127.012	1,05	133.363	71,5	57,6	13,5	13,75	11,08	2,61
Energia elettrica	38.572	1,95	75.215	40,3	32,5	7,6	9,65	7,78	1,83
Gasolio	191.701	1,07	205.120	109,9	88,6	20,8	27,43	22,10	5,20
TOTALE			413.697	222	179	42	51	41	10

 Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

 Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂


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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – 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	44,85	29,44	1,42	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	16,79	16,52	19,34

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo per il riscaldamento una classe insufficiente per il 2014 e il 2015 e una classe buona per il 2016 e per l'energia elettrica una classe insufficiente. Si veda dettaglio dei risultati nell'Allegato M.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	264,60	255,10
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	226,05	224,03
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,69	0,55
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,00	0,00
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,00	0,00
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	37,87	30,51
Trasporto di persone e cose	EP _{Tr}	kWh/mq anno	0,00	0,00
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	56,50	56,00

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	44.755	421.716
Energia Elettrica	--	38.572

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

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

Dove:

- E_{teorico} è il fabbisogno teorico di energia dell'edificio, come calcolato dal software di simulazione;
 - Nel caso di consumo termico, E_{teorico} è assunto pari al fabbisogno di energia per la combustione ($Q_{\text{gn,in}}$) 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	$E_{W, \text{aux, gn}}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, \text{aux, gn}}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{\text{ve,el}} + E_{\text{aux,e}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, \text{aux, d}} + E_{W, \text{aux, d}}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L, \text{int}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{\text{c,aux}}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_{\text{T}} + E_{\text{altro}}$
Perdite al trasformatore	E_{trasf}
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{\text{exp,el}}$

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando:

- Ore e giorni reali di funzionamento dell'impianto
- Temperature reali esterne (GG reali) ed interne (uso sonda di temperatura interna)
- Indici di affollamento: valutato l'indice di affollamento in funzione del numero di persone presenti e della superficie occupata da persone
- Rendimento generatore: dal dato di progetto si passa al valore dichiarato da prova fumi
- Indice di affollamento: viene ridotto l'indice di affollamento ipotizzando di ridurre l'indice rispetto alle condizioni standard, dimezzando il numero delle persone presenti nell'istituto.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	89,82	60,27
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	80,71	52,93
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,16	0,13
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	8,95	7,21
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	13,35	13,23

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

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

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	10.637	99.637
Energia Elettrica	--	38.572

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.1 ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico termico (valutazione adattata all’utenza)

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruit�
		[%]
123.930	127.012	2

Dall’analisi effettuata è emerso che il modello valutato in “Modalit  adattata all’utenza” risulta validato.

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico   stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) cos  come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruit�
		[%]
39.572	38.572	3

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

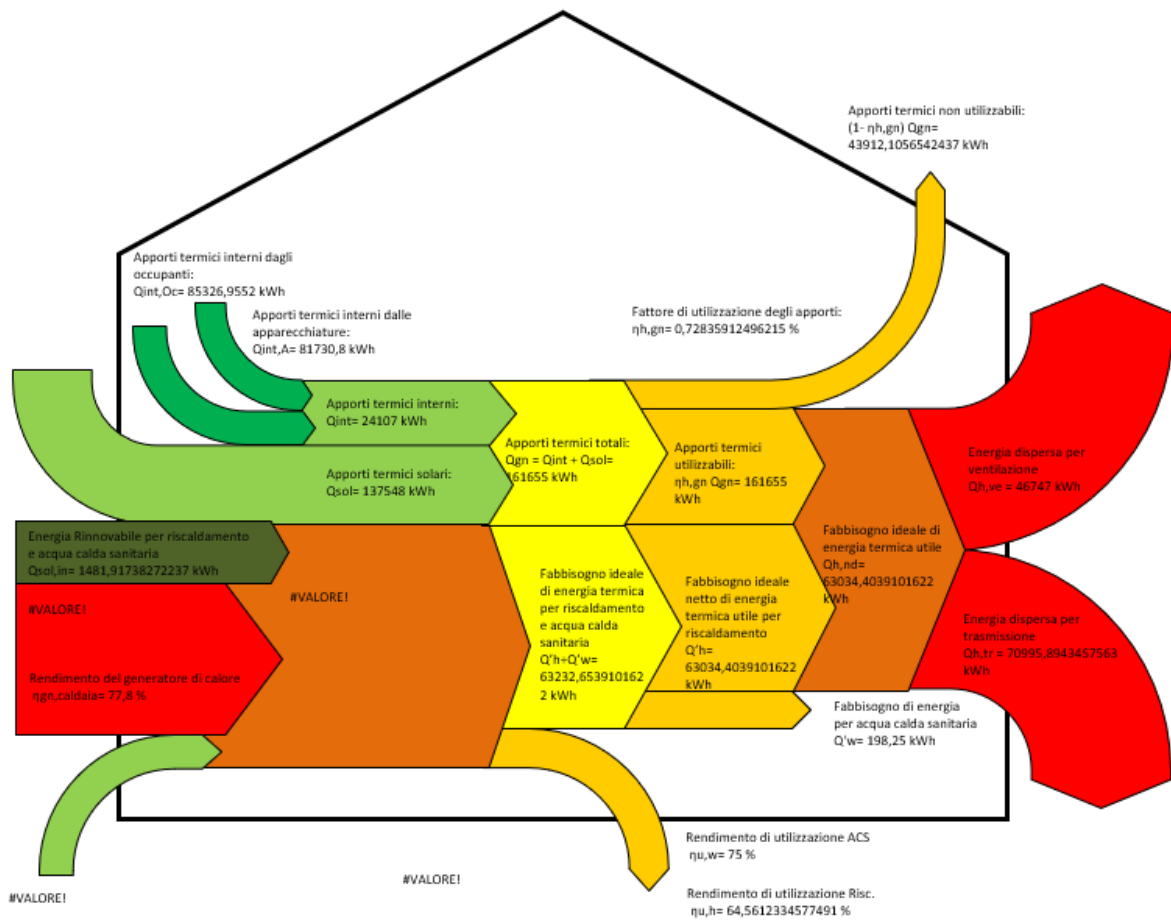
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si   reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che

descrive 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

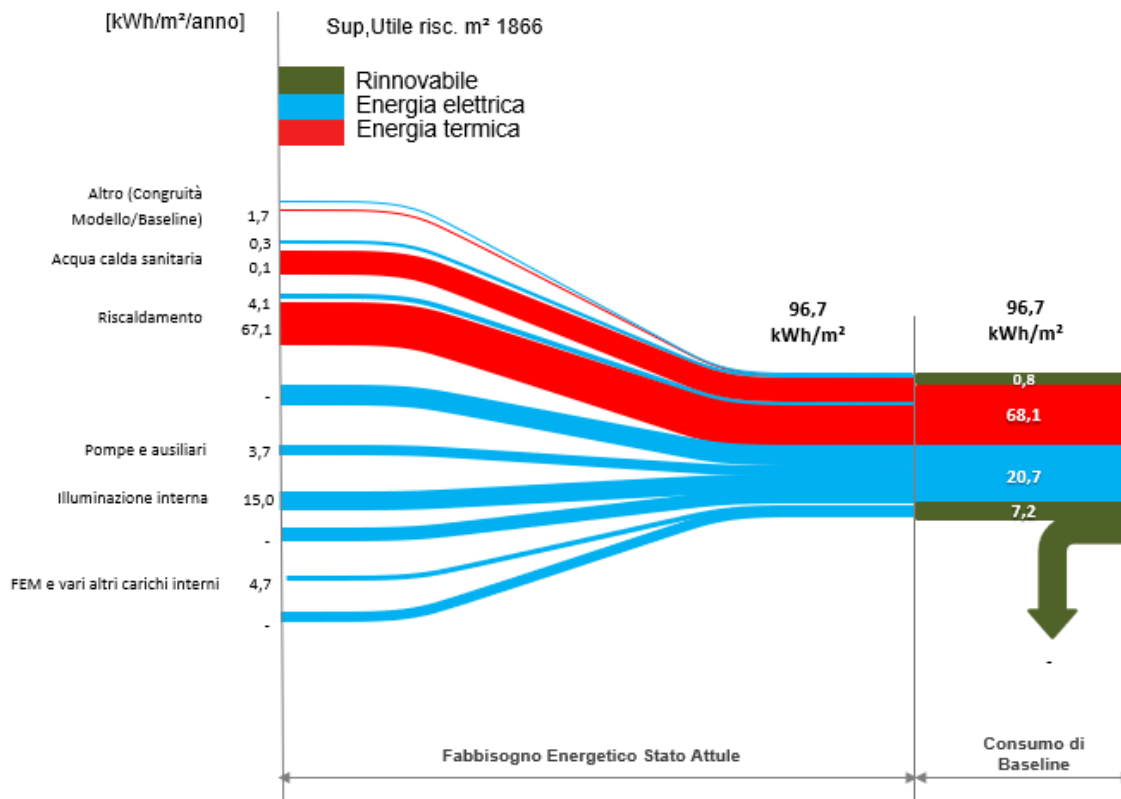
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'edificio presenta dei rendimenti globali medi stagionali bassi per riscaldamento. Questo è facilmente intuibile se consideriamo il fabbisogno globale di energia per riscaldamento e acs. Le perdite per ventilazione e trasmissione risultano molto alte, e questo rispecchia lo stato di fatto dell'immobile.

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

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

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

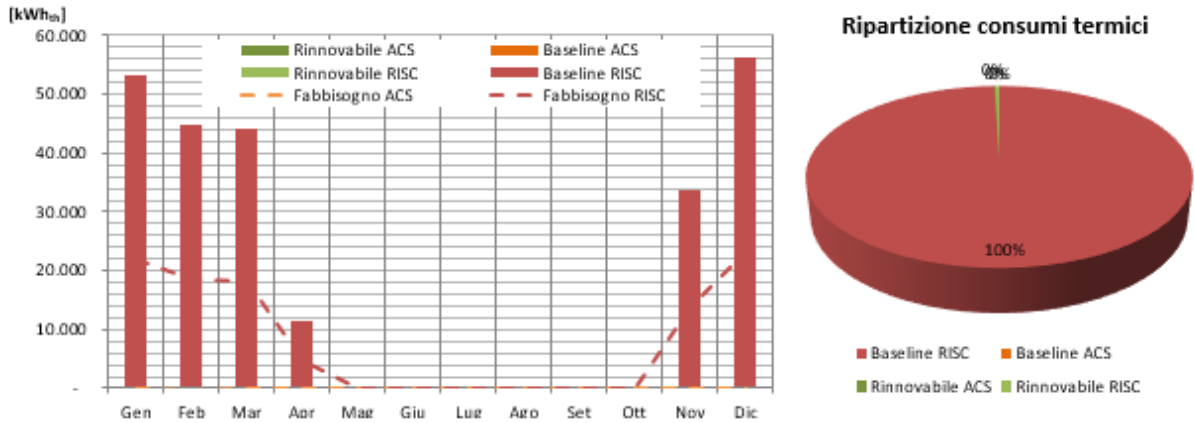
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che la maggior richiesta di energia è relativa alla parte di energia termica (con una quota di rinnovabile molto bassa).

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



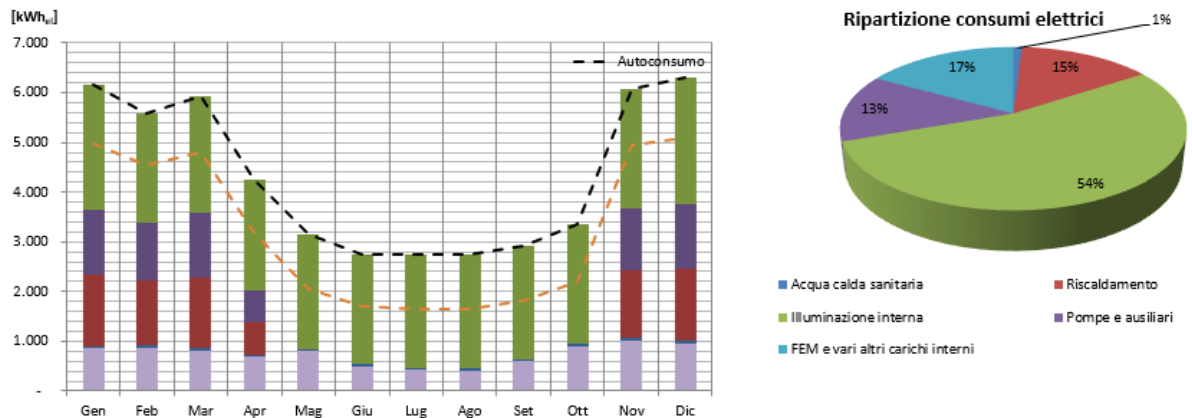
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi al riscaldamento.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’illuminazione interna, pari circa al 54%.

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

- PDR 1 – 16220050605892: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 3270023963285: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 3270023963285	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA IGNAZIO PALLAVICINI 5	
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA GARIBALDI 9
Società di fornitura	ENI spa	Energetic spa
Inizio periodo fornitura	01-04-2015	01-04-2016
Fine periodo fornitura	01-04-2016	-
Classe del contatore	G0004	G0004
Tipologia di contratto	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)		-
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	1,023	1,023
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	9,42	9,42

Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)

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

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

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il fornitore è stato sostituito nel corso degli anni.

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

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

PDR: 3270023963285	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15						320	3.975	0,081
Feb - 15	181	9	62	68	0	-	-	-
Mar - 15						-	-	-
Apr - 15						171	151	1,133
Mag - 15	14	12	7	138	-	-	160	-
Giu - 15						-	160	-
Lug - 15	2	4	14	23	-	44	160	0,272
Ago - 15	4	4	13	22	-	43	160	0,268
Set - 15	18	4	8	12	-	42	631	0,066
Ott - 15	19	4	9	12	-	43	678	0,064
Nov - 15	18	4	9	12	-	42	650	0,065
Dic - 15	19	4	9	12	-	43	678	0,064
Totale	275	43	130	299	0	748	7.404	0,101
PDR: 3270023963285	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	17	4	3	5	1	30	669	0,044
Feb - 16	99	4	51	63	-	217	3.787	0,057
Mar - 16	250	4	121	172	-	546	9.552	0,057
Apr - 16	97	6	55	95	1	253	4.286	0,059
Mag - 16	1	3	1	1	-	6	66	0,094
Giu - 16	1	3	1	1	-	6	57	0,100
Lug - 16	1	3	1	1	-	5	47	0,111
Ago - 16	1	3	1	1	-	6	57	0,102
Set - 16	1	3	1	1	-	6	57	0,102
Ott - 16	2	3	1	1	-	6	66	0,097
Nov - 16	9	3	4	7	-	23	358	0,065
Dic - 16	29	3	14	24	-	69	1.149	0,060
Totale	508	37	253	373	1	1.172	20.149	0,058

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

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

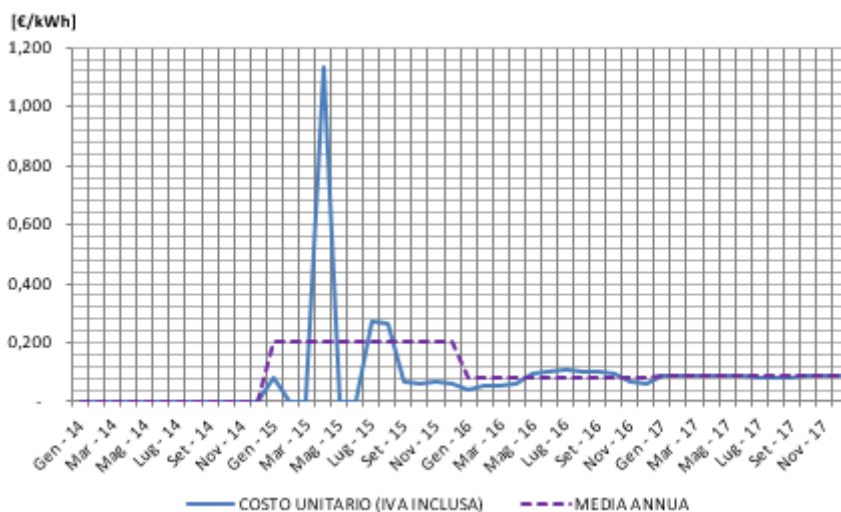
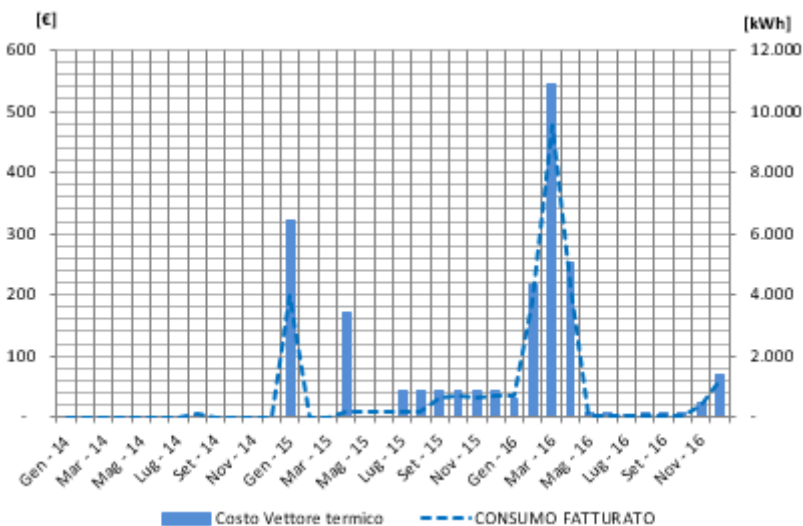


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite quattro contratti differenti per i tre POD presenti all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 - IT001E00096359: 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.
- POD 2 – IT001E00096360: 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.
- POD 3 – IT001E00096361: 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.
- POD 4 – IT001E00122369: 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 **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata. si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00096359	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA IGNAZIO PALLAVICINI 5		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1		
Società di fornitura	EDISON spa	GALA spa	IREN spa
Inizio periodo fornitura	01-10-2013	Aprile 2015	Aprile 2016
Fine periodo fornitura	Aprile 2015	Aprile 2016	-
Potenza elettrica impegnata	16,50	15,00	15,00
Potenza elettrica disponibile	16,50	16,50	16,50
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	12	15	15
POD: IT001E00096360	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA IGNAZIO PALLAVICINI 5		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1		
Società di fornitura	EDISON spa	GALA spa	IREN spa
Inizio periodo fornitura	01-10-2013	Aprile 2015	Aprile 2016
Fine periodo fornitura	Aprile 2015	Aprile 2016	-
Potenza elettrica impegnata	17,00	15,00	15,00
Potenza elettrica disponibile	17,00	17,00	17,00
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	12	15	15
POD: IT001E00096361	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA IGNAZIO PALLAVICINI 5		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1		
Società di fornitura	EDISON spa	GALA spa	IREN spa
Inizio periodo fornitura	01-10-2013	Aprile 2015	Aprile 2016
Fine periodo fornitura	Aprile 2015	Aprile 2016	-
Potenza elettrica impegnata	3,00	3,00	3,00
Potenza elettrica disponibile	4,50	3,30	3,30
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	12	15	15
POD: IT001E00122369	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA IGNAZIO PALLAVICINI 5		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1		
Società di fornitura	EDISON spa	GALA spa	IREN spa
Inizio periodo fornitura	01-10-2013	Aprile 2015	Aprile 2016
Fine periodo fornitura	Aprile 2015	Aprile 2016	-
Potenza elettrica impegnata	10,00	10,00	10,00
Potenza elettrica disponibile	11,00	11,00	11,00
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi

Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	12	15	15

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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il fornitore è stato sostituito nel corso degli anni e che la potenza elettrica disponibile è rimasta costante per primo, secondo e quarto POD ed è diminuita per il terzo mentre quella impegnata è diminuita tra il 2014 e il 2015 per i primi due POD ed è rimasta invariata per gli altri due.

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

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

POD: IT001E00096359	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14		12	- 12		-	-	886	-
Feb - 14	70	12	102	10	19	213	774	0,276
Mar - 14	68	12	100	9	19	208	746	0,279
Apr - 14	61	12	93	8	17	192	641	0,299
Mag - 14	72	12	104	10	20	217	775	0,280
Giu - 14	33	12	41	4	9	100	357	0,279
Lug - 14	23	12	49	3	9	96	175	0,548
Ago - 14	14	12	56	2	8	92	159	0,581
Set - 14	45	12	82	6	15	160	491	0,327
Ott - 14	65	12	100	9	19	205	707	0,290
Nov - 14	62	12	99	9	18	200	688	0,290
Dic - 14		12	- 12		-	-	563	-
Totale	512	146	802	70	153	1.683	6.962	0,242
POD: IT001E00096359	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	55	13	98	8	-	174	652	0,268
Feb - 15	52	13	97	8	17	187	638	0,294
Mar - 15	43	14	95	8	16	176	628	0,280
Apr - 15	34	15	93	8	-	150	604	0,248
Mag - 15	38	15	100	8	-	161	679	0,237
Giu - 15	14	15	64	3	-	96	260	0,371
Lug - 15	6	15	53	1	-	75	117	0,643
Ago - 15	5	15	51	1	-	72	95	0,757
Set - 15	24	15	90	7	-	136	612	0,222



E964 – Scuola media Alessi-Rizzo e scuola elementare G. Pascoli

Ott - 15	44	15	130	12	-	201	975	0,206
Nov - 15	37	15	120	11	-	184	871	0,211
Dic - 15	29	15	103	9	-	156	681	0,229
Totale	382	174	1.095	84	33	1.769	6.812	0,260
POD: IT001E00096359	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	35	15	108	10	-	169	821	0,205
Feb - 16	32	15	107	10	-	165	813	0,203
Mar - 16	28	15	101	9	-	153	734	0,208
Apr - 16	182	139		19	34	374	800	0,467
Mag - 16						-	727	-
Giu - 16	61	33		3	10	108	276	0,390
Lug - 16	65	35		4	10	114	292	0,390
Ago - 16	63	34		4	10	110	302	0,365
Set - 16	91	58		7	16	172	584	0,294
Ott - 16	125	81		11	22	239	914	0,262
Nov - 16	150	93		12	26	281	1.081	0,260
Dic - 16	137	89		13	24	262	1.019	0,257
Totale	969	608	316	103	151	2.146	8.363	0,257

POD: IT001E00096360	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14		12	- 12		-	-	2.223	-
Feb - 14	169	12	179	23	38	420	1.819	0,231
Mar - 14	166	12	177	23	38	416	1.803	0,231
Apr - 14	135	12	150	17	31	346	1.394	0,248
Mag - 14	120	12	139	16	29	316	1.256	0,251
Giu - 14	69	12	77	9	17	184	732	0,251
Lug - 14	41	12	66	6	12	137	327	0,420
Ago - 14	14	12	54	2	8	91	165	0,552
Set - 14	80	12	108	11	21	231	851	0,272
Ott - 14	123	12	147	17	30	329	1.323	0,249
Nov - 14	151	12	173	21	36	393	1.647	0,239
Dic - 14		12	- 12		-	-	1.885	-
Totale	1.068	145	1.247	143	260	2.863	15.425	0,186
POD: IT001E00096360	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	191	12	219	29	-	451	2.309	0,195
Feb - 15	168	12	203	26	41	449	2.095	0,215



E964 – Scuola media Alessi-Rizzo e scuola elementare G. Pascoli

Mar - 15	127	13	180	22	34	376	1.663	0,226
Apr - 15	87	14	157	19	-	276	1.501	0,184
Mag - 15	64	14	131	15	-	224	1.176	0,190
Giu - 15	31	14	86	7	-	138	584	0,236
Lug - 15	12	14	59	3	-	87	227	0,385
Ago - 15	5	14	48	1	-	68	91	0,743
Set - 15	36	14	108	10	-	168	869	0,193
Ott - 15	68	14	167	19	-	268	1.529	0,176
Nov - 15	80	14	198	24	-	316	1.898	0,166
Dic - 15	70	14	178	21	-	284	1.664	0,171
Totale	939	162	1.732	196	75	3.105	15.606	0,199
POD: IT001E00096360	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	79	14	180	23	-	296	1.842	0,161
Feb - 16	73	14	180	23	-	290	1.842	0,158
Mar - 16	69	14	184	21	-	288	1.641	0,175
Apr - 16	283	240		40	56	618	1.325	0,467
Mag - 16						-	1.837	-
Giu - 16	117	90		14	22	244	1.148	0,213
Lug - 16	106	69		10	18	203	833	0,244
Ago - 16	98	67		10	18	193	718	0,269
Set - 16	145	99		14	26	285	1.372	0,208
Ott - 16	248	170		29	45	491	2.310	0,213
Nov - 16	294	190		30	51	565	2.600	0,217
Dic - 16	256	170		29	45	500	2.313	0,216
Totale	1.769	1.138	543	243	282	3.974	19.781	0,201

POD: IT001E00096361	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	-	-	-	-	-	-	624	-
Feb - 14	-	-	-	-	-	-	623	-
Mar - 14	-	-	-	-	-	-	623	-
Apr - 14	-	-	-	-	-	-	198	-
Mag - 14	-	-	-	-	-	-	204	-
Giu - 14	-	-	-	-	-	-	198	-
Lug - 14	-	-	-	-	-	-	204	-
Ago - 14	-	-	-	-	-	-	104	-
Set - 14	-	-	-	-	-	-	198	-
Ott - 14	-	-	-	-	-	-	204	-
Nov - 14	-	-	-	-	-	-	198	-

Dic - 14	-	-	-	-	-	-	204	-
Totale	-	-	-	-	-	-	3.582	-
POD: IT001E00096361	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15		12	- 12	-	-	-	204	-
Feb - 15		12	- 12	-	-	-	-	#DIV/0!
Mar - 15	-	13	- 2	-	1	12	198	0,062
Apr - 15	-	15	8	-	-	22	543	0,041
Mag - 15	-	15	8	-	-	22	-	#DIV/0!
Giu - 15	-	15	8	-	-	22	-	#DIV/0!
Lug - 15	11	15	25	3	-	54	204	0,264
Ago - 15	10	15	25	3	-	53	204	0,259
Set - 15	15	15	34	4	-	68	211	0,320
Ott - 15	19	15	44	5	-	83	402	0,206
Nov - 15	-	15	8	-	-	23	-	#DIV/0!
Dic - 15	9	15	26	3	-	53	204	0,259
Totale	64	172	159	16	1	412	2.170	0,190
POD: IT001E00096361	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	9	15	24	3	-	51	204	0,250
Feb - 16	8	15	23	2	-	49	191	0,256
Mar - 16	8	15	24	3	-	50	204	0,245
Apr - 16	44	56		5	11	116	-	#DIV/0!
Mag - 16						-	-	#DIV/0!
Giu - 16	23	28		2	5	58	-	#DIV/0!
Lug - 16	26	28		3	6	62	-	#DIV/0!
Ago - 16	24	28		3	5	60	-	#DIV/0!
Set - 16	26	29		3	6	63	-	#DIV/0!
Ott - 16	28	29		3	6	66	-	#DIV/0!
Nov - 16	29	29		3	6	67	-	#DIV/0!
Dic - 16	29	29		3	6	67	-	#DIV/0!
Totale	254	302	71	31	51	709	599	1,184

POD: IT001E00122369	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14		12	- 12	-	-	-	1.167	-
Feb - 14	91	12	109	13	50	275	1.052	0,261
Mar - 14	91	12	108	13	49	274	1.042	0,263



Apr - 14	89	12	104	12	48	265	957	0,277
Mag - 14	108	12	120	14	56	310	1.158	0,268
Giu - 14	80	12	81	11	40	224	873	0,256
Lug - 14	75	12	86	10	41	225	851	0,264
Ago - 14	71	12	92	10	41	226	796	0,283
Set - 14	87	12	105	12	47	263	958	0,275
Ott - 14	101	12	120	14	55	303	1.130	0,268
Nov - 14	117	12	136	17	62	344	1.332	0,258
Dic - 14	117	12	137	17	-	283	1.340	0,211
Totale	1.028	146	1.186	143	488	2.991	12.656	0,236
POD: IT001E00122369	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	109	13	138	16	-	276	1.307	0,211
Feb - 15	102	13	136	16	59	325	1.277	0,255
Mar - 15	91	14	139	16	26	285	1.195	0,239
Apr - 15	79	15	141	17	-	252	1.350	0,186
Mag - 15	65	15	123	14	-	217	1.135	0,191
Giu - 15	54	15	110	12	-	191	975	0,195
Lug - 15	57	15	124	14	-	211	1.118	0,188
Ago - 15	53	15	119	13	-	201	1.060	0,189
Set - 15	58	15	133	15	-	221	1.034	0,214
Ott - 15	62	15	148	17	-	242	1.337	0,181
Nov - 15	56	15	142	16	-	229	1.271	0,180
Dic - 15	58	15	147	17	-	237	1.324	0,179
Totale	844	174	1.600	183	85	2.886	14.383	0,201
POD: IT001E00122369	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	63	15	145	18	-	242	1.427	0,170
Feb - 16	63	15	155	19	-	253	1.542	0,164
Mar - 16	59	15	153	19	-	246	1.518	0,162
Apr - 16	237	234		35	111	618	1.340	0,461
Mag - 16					-	-	1.470	-
Giu - 16	103	93		14	46	255	1.083	0,236
Lug - 16	109	87		13	46	255	1.002	0,254
Ago - 16	104	89		13	45	252	1.031	0,244
Set - 16	114	92		12	48	266	1.066	0,249
Ott - 16	144	110		16	60	330	1.308	0,253
Nov - 16	168	121		16	67	372	1.452	0,256
Dic - 16	166	123		19	68	376	1.488	0,253

Totale	1.332	996	453	193	491	3.465	15.727	0,220
--------	-------	-----	-----	-----	-----	-------	--------	-------

Per il 2014 non è stato possibile ricavare i costi di alcuni mesi (nel caso del terzo POD di un anno intero) mentre per il 2016 gli oneri di sistema parte fissa e parte variabili non sono stati forniti suddivisi.

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

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

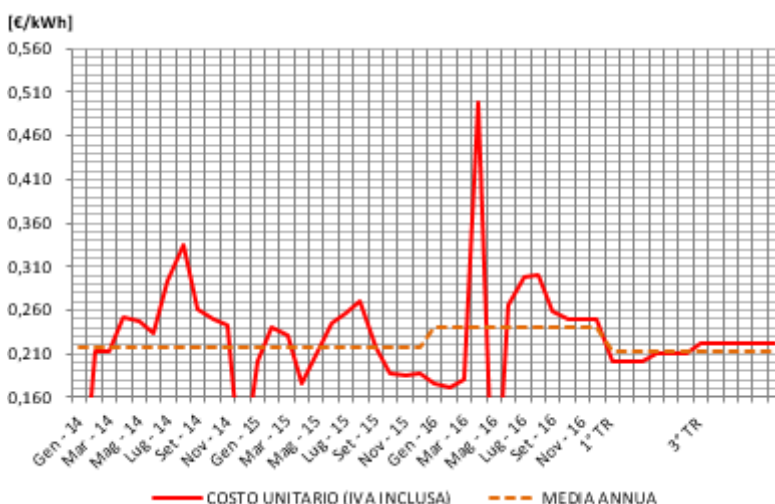
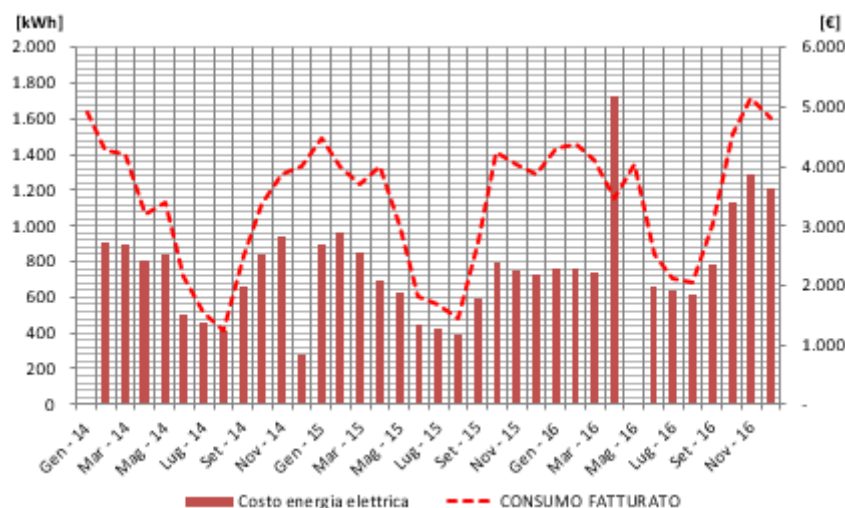


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi ha un picco nel periodo di aprile, dovuto probabilmente al fatto che sono stati fatturati due mesi contemporaneamente.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]
2014	-	141	-	7.537	38.625	0,195	7.537
2015	748	7.404	0,101	8.171	38.971	0,210	8.919
2016	1.172	20.149	0,058	10.295	44.470	0,231	11.467
2017	-	-	0,0872	-	-	0,212	-
Media	960	9.231	0,08	8.668	40.689	0,21	9.308

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,08 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,21 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa ai seguenti impianti:

- L1-042-078 E964: servizio SIE3
- L1-042-420 E964: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza < 35 kW

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari rispettivamente a 18.994,39 € e 220,75 €.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o	17.294 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il	CM _s	1.922 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

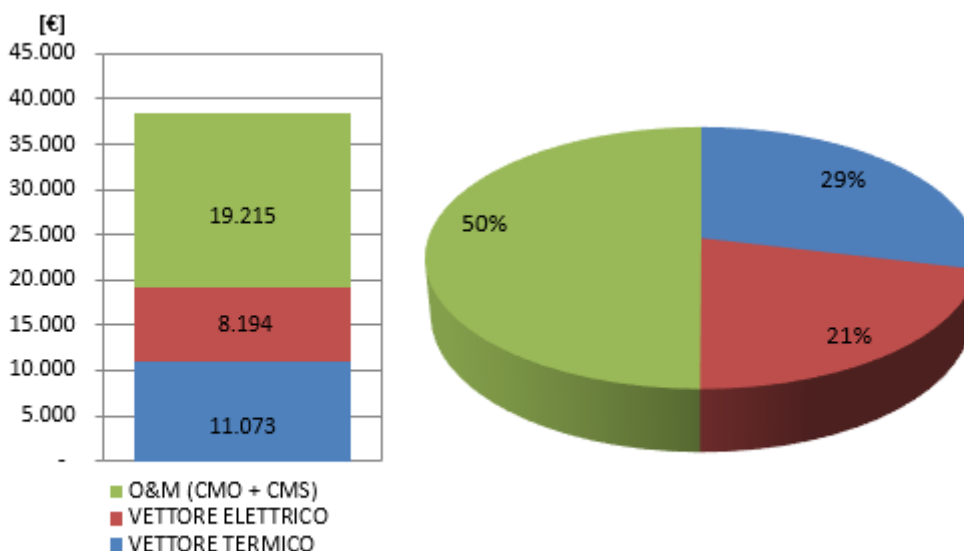
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 8.169 e un $C_{baseline}$ pari a € 48.500.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
127.012	0,087	11.073	38.572	0,212	8.194	19.215	17.294	1.922	38.482

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Cappotto interno

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un cappotto interno in polistirene espanso additivato con grafite (valore di conduttività pari a 0,031 W/m²K) al fine di ridurre la trasmittanza termica di parete, protetto da una lastra in cartongesso.

La realizzazione del cappotto, migliorando la trasmittanza termica di parete, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione ed un miglioramento delle condizioni di comfort termico

Caratteristiche funzionali e tecniche

La parete verticale, mediante la realizzazione di un cappotto termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica inferiore a 0,32 W/m²°K, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

Prestazioni raggiungibili

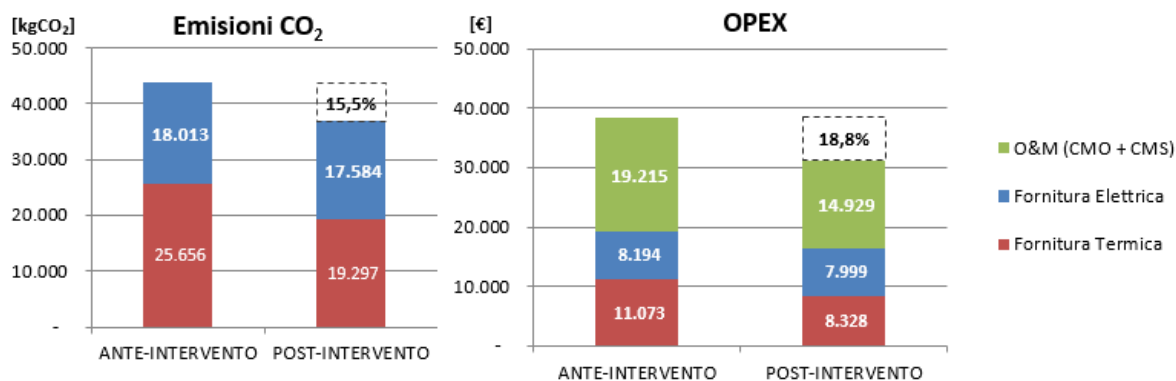
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – cappotto interno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 trasmittanza	[W/m ² K]	1,38	0,3	78,3%
Q _{teorico}	[kWh]	123.930	93.212	24,8%
EE _{teorico}	[kWh]	39.572	38.629	2,4%
Q _{baseline}	[kWh]	127.012	95.530	24,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	38.572	37.653	2,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.656	19.297	24,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	18.013	17.584	2,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.669	36.881	15,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.073	8.328	24,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.194	7.999	2,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.267	16.327	15,3%
C _{MO}	[€]	17.294	13.007	24,8%
C _{MS}	[€]	1.922	1.922	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	19.215	14.929	22,3%

OPEX	[€]	38.482	31.256	18,8%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classi

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM2: Rifacimento copertura

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un isolamento termico in polistirene espanso ad alta densità (EPS, valore di conduttività pari a 0,033 W/m²K) al fine di ridurre la trasmittanza termica della copertura.

La realizzazione dell'isolamento, migliorando la trasmittanza termica della copertura, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione ed un miglioramento delle condizioni di comfort termico.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La copertura, mediante la realizzazione di un isolamento termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica pari a 0,24 W/m²°K, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021. A protezione dell'isolamento termico e per garantire l'impermeabilità della copertura, verrà realizzata una doppia guaina bituminosa, la più esterna delle quali avrà un valore di riflettanza solare non inferiore a 0,76, così come stabilito dal DM 11 ottobre 2017, in tema di criteri ambientali minimi per gli edifici pubblici.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

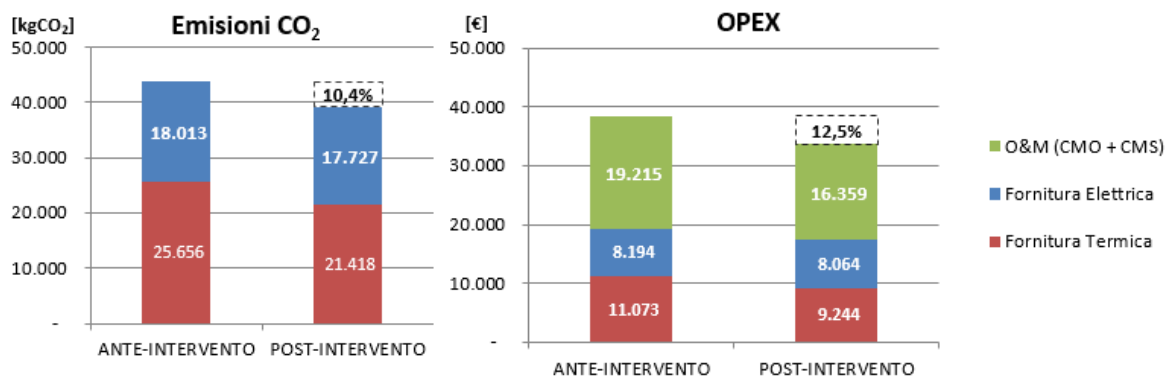
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – COPERTURA

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 trasmittanza	[W/m²K]	1,68	0,26	84,5%
Q _{teorico}	[kWh]	123.930	103.459	16,5%
EE _{teorico}	[kWh]	39.572	38.944	1,6%
Q _{baseline}	[kWh]	127.012	106.032	16,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	38.572	37.960	1,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.656	21.418	16,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	18.013	17.727	1,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.669	39.146	10,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.073	9.244	16,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.194	8.064	1,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.267	17.308	10,2%
C _{MO}	[€]	17.294	14.437	16,5%
C _{MS}	[€]	1.922	1.922	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	19.215	16.359	14,9%
OPEX	[€]	38.482	33.666	12,5%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classi

Figura 8.2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM3: sostituzione serramenti

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi serramenti in PVC, al fine di ridurre la trasmittanza termica degli stessi.

La posa di nuovi serramenti, migliorando la trasmittanza termica degli infissi, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione, un miglioramento delle condizioni di comfort termico e, con l'utilizzo di vetri stratificati, una significativa riduzione del rumore esterno.

Figura 8.3 – Serramento



Caratteristiche funzionali e tecniche

I nuovi serramenti raggiungeranno un valore di trasmittanza termica inferiore a $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

Il serramento avrà un doppio vetro, costituito da due lastre stratificate, livello di sicurezza 2(B)2 secondo norma UNI EN 12600 ed un valore di trasmissione solare inferiore o uguale a 0,35, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

Prestazioni raggiungibili

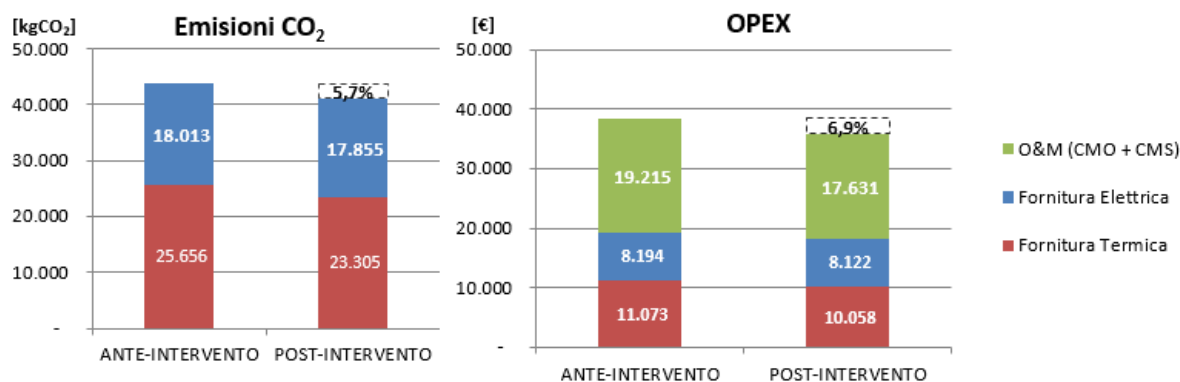
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e Figura 8.4.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 trasmittanza	[W/m ² K]	3,5	1,3	62,9%
Q _{teorico}	[kWh]	123.930	112.572	9,2%
EE _{teorico}	[kWh]	39.572	39.224	0,9%
Q _{baseline}	[kWh]	127.012	115.371	9,2%
EE _{baseline}	[kWh]	38.572	38.233	0,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.656	23.305	9,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	18.013	17.855	0,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.669	41.160	5,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.073	10.058	9,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.194	8.122	0,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.267	18.180	5,6%

C _{MO}	[€]	17.294	15.709	9,2%
C _{MS}	[€]	1.922	1.922	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	19.215	17.631	8,2%
OPEX	[€]	38.482	35.811	6,9%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

Figura 8.4 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline

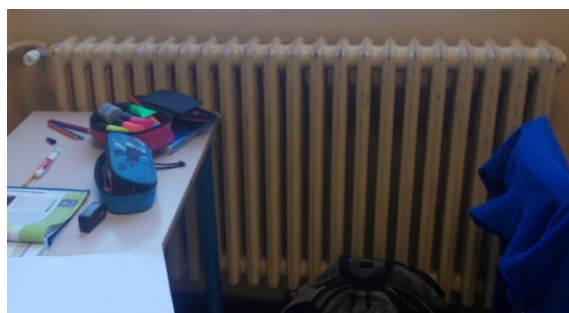


8.1.1 Impianto riscaldamento

EEM4: Valvole termostatiche e pompe a giri variabili

Generalità

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di inverter sulle pompe di circolazione.



Caratteristiche funzionali e tecniche

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di inverter sulle pompe di circolazione.

Descrizione dei lavori

L'installazione delle valvole e degli inverter deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Si prevede tale attività nella stagione estiva.

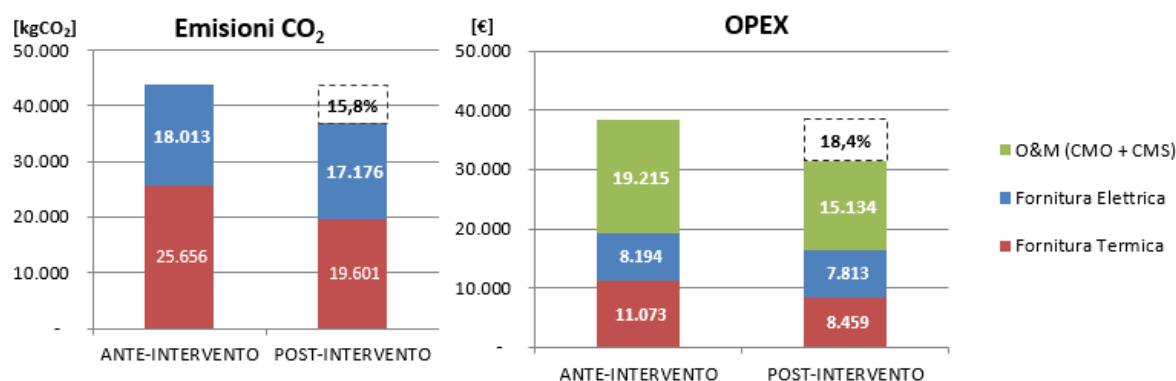
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e Figura 8.5.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – valvole termostatiche e pompe a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM6 rendimento di regolazione	-	71	99,5	40,1%
Q _{teorico}	[kWh]	123.930	94.678	23,6%
EE _{teorico}	[kWh]	39.572	37.733	4,6%
Q _{baseline}	[kWh]	127.012	97.032	23,6%
EE _{baseline}	[kWh]	38.572	36.779	4,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.656	19.601	23,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	18.013	17.176	4,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.669	36.776	15,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.073	8.459	23,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.194	7.813	4,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.267	16.273	15,5%
C _{MO}	[€]	17.294	13.212	23,6%
C _{MS}	[€]	1.922	1.922	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	19.215	15.134	21,2%
OPEX	[€]	38.482	31.406	18,4%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classi

Figura 8.5 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: cappotto interno

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento interno dell'involucro opaco.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% _{spesa})	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\text{int}} \leq 35 \text{ kWt}$	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – cappotto interno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[%]	[€]
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	18212,4	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 57 782,98	22%	€ 70 495,23
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	1517,7	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 1 131,38	22%	€ 1 380,28
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	758,85	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 338,03	22%	€ 412,40
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	1517,7	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 19 702,51	22%	€ 24 037,06
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	1517,7	m2	€ 7,26	€ 6,60	€ 10 016,82	22%	€ 12 220,52
Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	1517,7	m2	€ 4,81	€ 4,37	€ 6 636,49	22%	€ 8 096,52
Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	1517,7	m2	€ 23,79	€ 21,63	€ 32 823,71	22%	€ 40 044,93
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 3 852,96	22%	€ 4 700,61
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 8 990,23	22%	€ 10 968,09
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 141 275	22%	€ 172 356
Incentivi	[Conto termico]							€ 68 942,25
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 13 788,45

EEM2: isolamento copertura

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nel rifacimento copertura.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con P _{n, int} ≤ 35 kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – isolamento copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
				[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[%]	[€]
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	9900	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 31 410,00	22%	€ 38 320,20
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	825	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 615,00	22%	€ 750,30
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	412,5	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 183,75	22%	€ 224,18
Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	20,625	m2	€ 21,17	€ 19,25	€ 396,94	22%	€ 484,26
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	825	m2	€ 4,80	€ 4,36	€ 3 600,00	22%	€ 4 392,00
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 978,17	22%	€ 1 193,37
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2 282,40	22%	€ 2 784,53
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 39 466	22%	€ 48 149
Incentivi	[Conto termico]							€ 19 259,53
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 3 851,91

EEM3: sostituzione serramenti

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione dei serramenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\,int} \leq 35$ kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria	116	m2	€ 39,61	€ 36,01	€ 4 177,05	22%	€ 5 096,01
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	116	m2	€ 328,90	€ 299,00	€ 34 684,00	22%	€ 42 314,48
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	43,08132	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 297,26	22%	€ 362,66
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	17,4	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 186,18	22%	€ 227,14
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1 180,33	22%	€ 1 440,01
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2 754,11	22%	€ 3 360,02
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 43 279	22%	€ 52 800
Incentivi	[Conto termico]							€ 21 120,13
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 4 224,03

EEM4: valvole termostatiche e pompe a giri variabili

Nella TABELLA 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe a giri variabili.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n.int} \leq 35$ kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

	<i>ii.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n.int} > 35$ kWt	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili	40	150 €/m ²	30.000
	Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature	40	30 €/m ²	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	<i>i.</i> Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C	65	500 €/m ²	1.500.000
	<i>i.</i> Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F	65	575 €/m ²	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	<i>i.</i> Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza	40	15 €/m ²	30.000
	<i>ii.</i> Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led	40	35 €/m ²	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	Installazione di tecnologie di <i>building automation</i>	40	25 €/m ²	50.000

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO		TOTALE	IVA	TOTALE
				PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	71	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 2 286,20	22%	€ 2 789,16
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 4 587,21	€ 4 170,19	€ 8 340,38	22%	€ 10 175,27
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 176,98	22%	€ 215,92
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	30	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 859,79	22%	€ 1 048,95
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 350,52	22%	€ 427,63
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 817,88	22%	€ 997,81
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 12 852	22%	€ 15 680
Incentivi	[Conto termico]							€ 6 271,96
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 1 254,39

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: cappotto interno

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– cappotto interno

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	172 356
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	13 788
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	23,5	12,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	43,5	26,8
Valore attuale netto	VAN	- 55.020	4.677
Tasso interno di rendimento	TIR	1,5%	5,4%
Indice di profitto	IP	-0,32	0,03

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

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

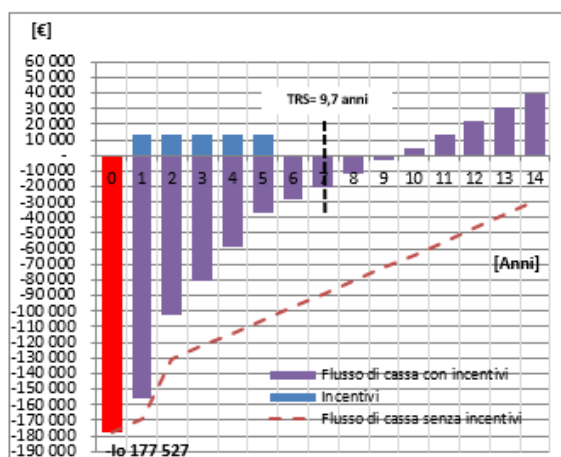
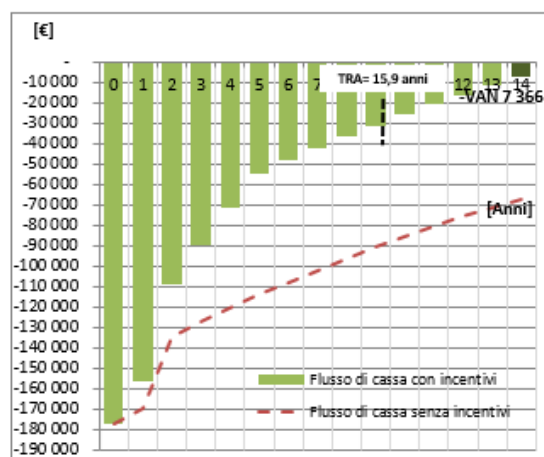


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta poco conveniente senza incentivi in quanto VAN negativo, mentre con incentivi VAN positivo e TRS < 15 anni.

EEM2: rifacimento copertura

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– copertura

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	48 149
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	3 852
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	10,3	5,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	14,9	7,9
Valore attuale netto	VAN	21.134	37.810
Tasso interno di rendimento	TIR	8,9%	13,5%
Indice di profitto	IP	0,44	0,79

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

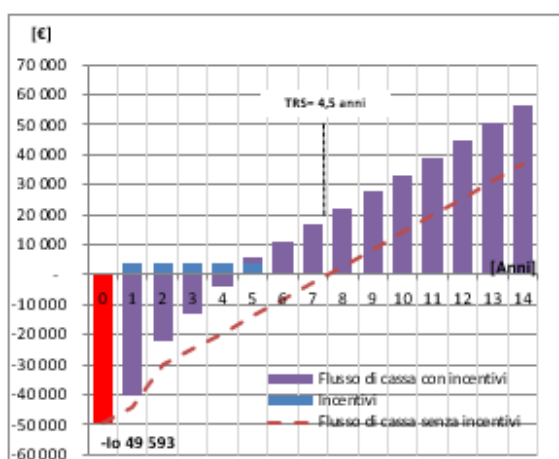
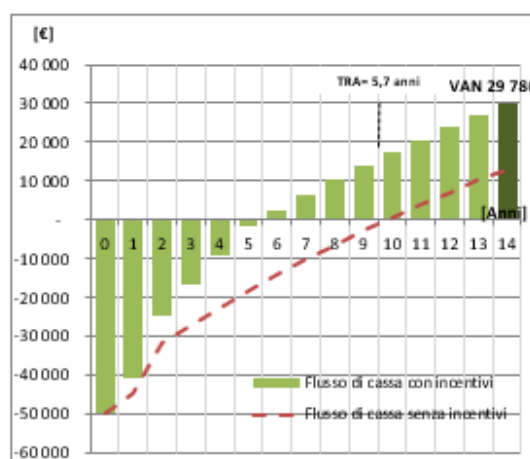


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

EEM3 – SOSTITUZIONE SERRAMENTI

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – SOSTITUZIONE SERRAMENTI

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	52 800
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	4 224
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	19,7	10,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	37,5	19,7
Valore attuale netto	VAN	- 10.881	7.407
Tasso interno di rendimento	TIR	2,8%	6,8%
Indice di profitto	IP	-0,21	0,14

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

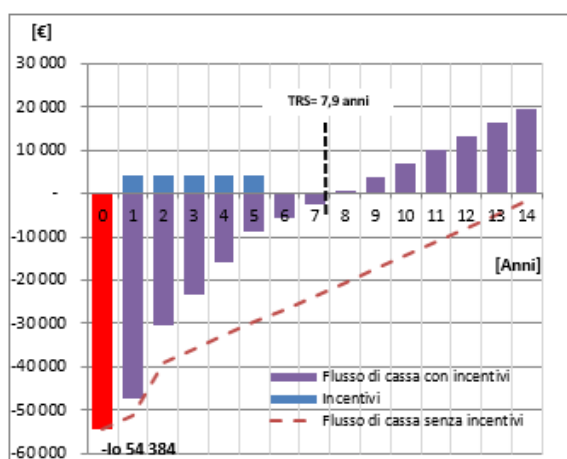
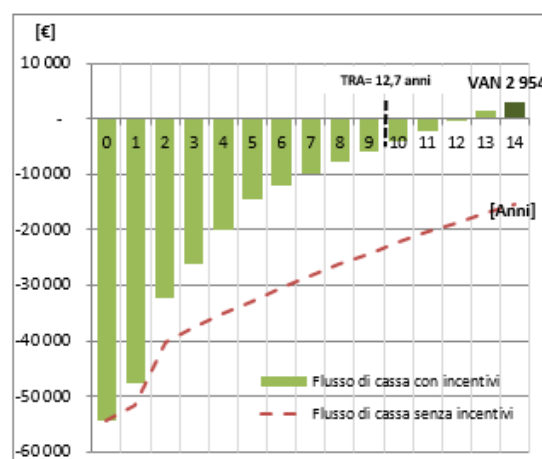


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente se attuato con incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

EEM4 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	15 680
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	1 254
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,4	1,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,6	2,2
Valore attuale netto	VAN	45.525	50.955
Tasso interno di rendimento	TIR	39,7%	46,6%
Indice di profitto	IP	2,90	3,25

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

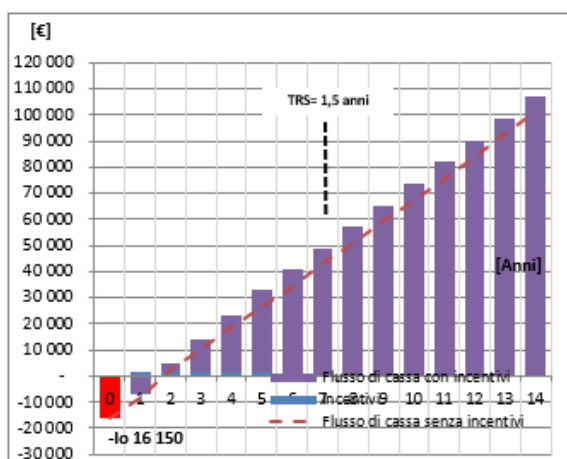
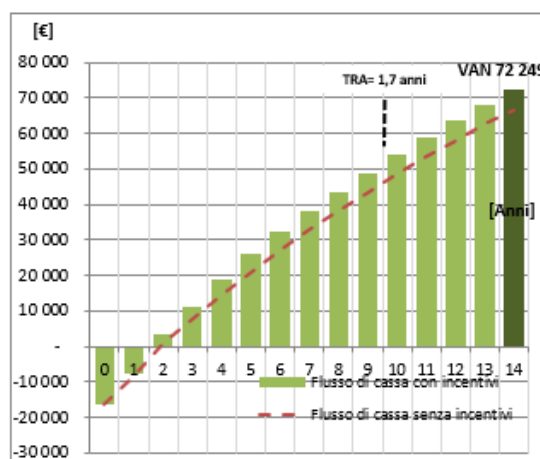


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle tabelle 9.9 e 9.10.

Tabella 9.9 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	24.8	15.5	2.939	4.286	0	172.356	23.5	43.5	30	-55.000	1.5	-0.32
EEM 2	16.5	10.4	1.959	2.856	0	48.149	10.3	14.9	30	21.134	8.9	0.44
EEM 3	0.9	5.7	1.086	1.584	0	52.800	0.9	37.5	30	-10.881	2.8	-0.21
EEM 4	23.6	15.8	2.994	4.081	0	15.680	2.4	2.6	15	45.525	39.7	2.9

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 l'intervento EEM1 presenta VAN negativo, mentre gli altri interventi hanno TRS < 15 anni e VAN positivo.

Tabella 9.10 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	24.8	15.5	2.939	4.286	0	172.356	12.9	26.8	30	4.677	5.4	0.03
EEM 2	16.5	10.4	1.959	2.856	0	48.149	5.7	7.9	30	37.810	13.5	0.79
EEM 3	0.9	5.7	1.086	1.584	0	52.800	10.8	19.7	30	7.407	6.8	0.14
EEM 4	23.6	15.8	2.994	4.081	0	15.680	1.9	2.2	15	50.955	46.6	3.25

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi hanno TRS < 15 anni e VAN positivo.

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

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

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

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

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è 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 – Non considerato.

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: 15 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di isolamento involucro opaco e trasparente, rifacimento copertura, valvole termostatiche e pompe a inverter

9.3.1 Scenario 1: Tale scenario consiste nella realizzazione di isolamento involucro opaco e trasparente, rifacimento copertura, valvole termostatiche e pompe a inverter

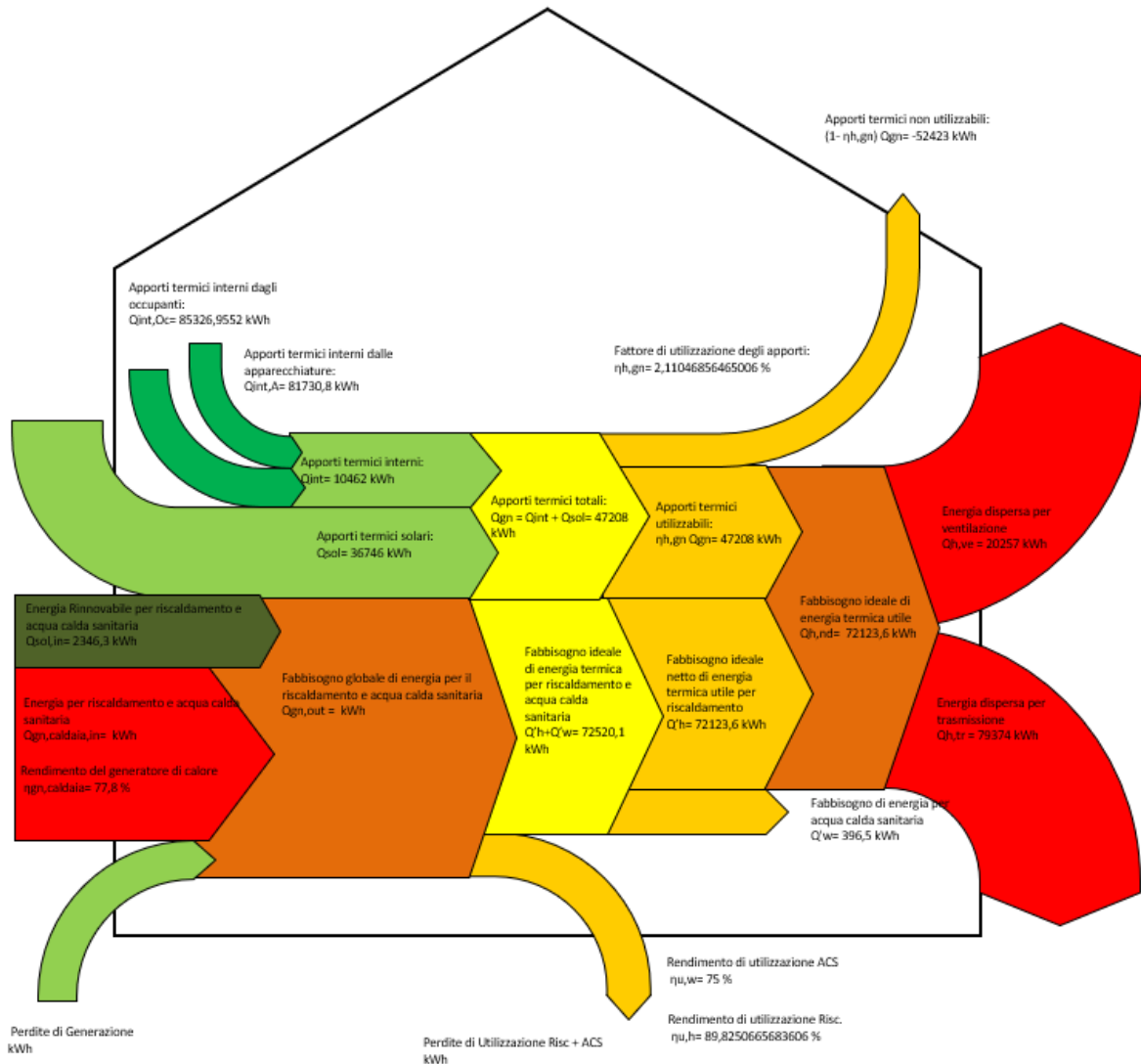
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.102 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	128.432	28.255	156.687
EEM2 Fornitura & Posa	36.206	7.965	44.171
EEM3 Fornitura & Posa	39.344	8.656	48.000
EEM4 Fornitura & Posa	27.830	6.123	33.953
Costi per la sicurezza	6.846	1.506	8.352
Costi per la progettazione	15.974	3.514	19.489
TOTALE (I₀)	254.632	56.019	310.651
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	5.047	1.121	6.168
TOTALE (C_M)			
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	147.272	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		29.454	

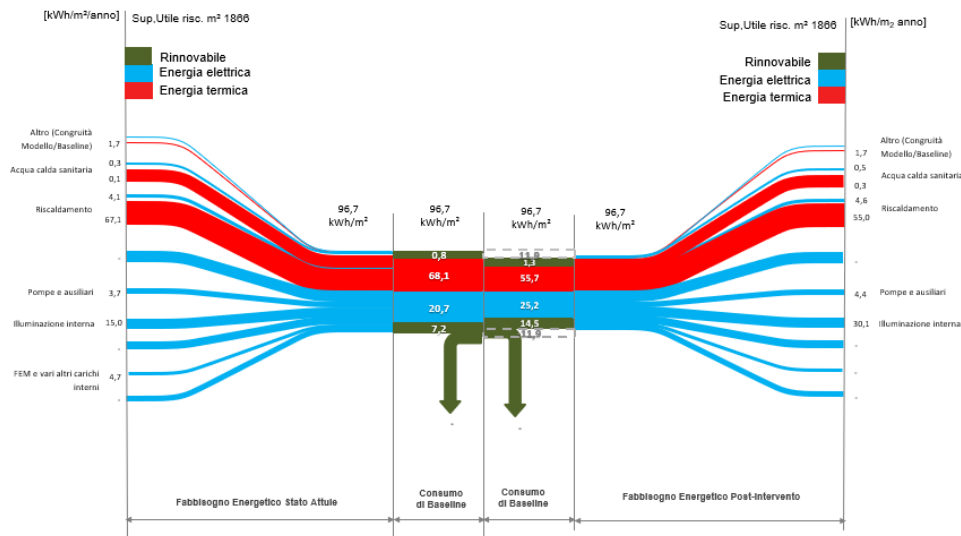
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che aumenta il rendimento di utilizzazione del riscaldamento, ma allo stesso tempo aumentano le dispersioni per ventilazione e per trasmissione.

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



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

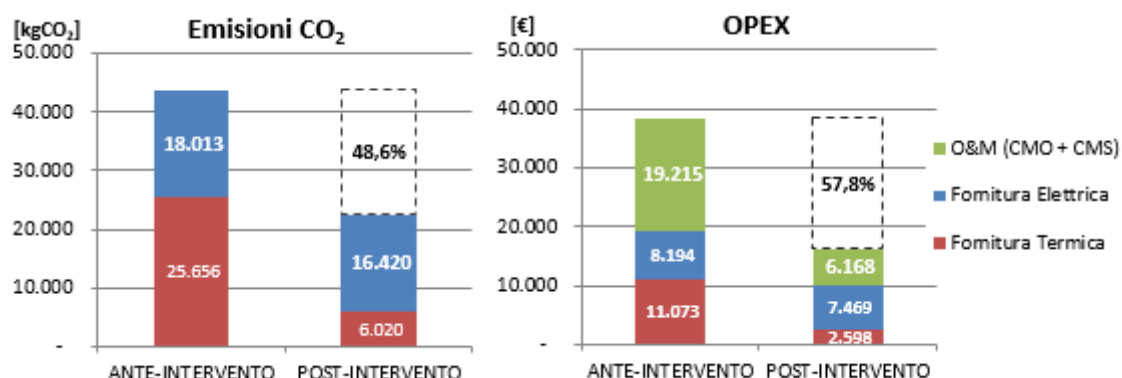
Tabella 9.11 – Risultati analisi SCN1 – Tale scenario consiste nella realizzazione di isolamento involucro opaco e trasparente, rifacimento copertura, valvole termostatiche e pompe a inverter

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 trasmittanza	[W/m²K]	1,38	0,3	78,3%
EM2 trasmittanza	[W/m²K]	1,68	0,26	84,5%
EM3 trasmittanza	[W/m²K]	3,5	1,3	62,9%
EM4 rendimento di regolazione	-	71	99,5	40,1%
Q _{teorico}	[kWh]	123.930	29.081	76,5%
EE _{teorico}	[kWh]	39.572	36.072	8,8%
Q _{baseline}	[kWh]	127.012	29.804	76,5%
EE _{baseline}	[kWh]	38.572	35.160	8,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.656	6.020	76,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	18.013	16.420	8,8%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	43.669	22.440	48,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.073	2.598	76,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.194	7.469	8,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.267	10.068	47,7%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	17.294	5.047	70,8%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	1.922	1.121	41,7%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	19.215	6.168	67,9%
OPEX	[€]	38.482	16.236	57,8%
Classe energetica	[-]	G	B	+4 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,087 [€/kWh] per il vettore termico e 0,212 per vettore elettrico

Figura 9.11 – SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.12, 9.13 e 9.14 e nelle successive figure.

Tabella 9.3 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Tale scenario consiste nella realizzazione di isolamento involucro opaco e trasparente, rifacimento copertura, valvole termostatiche e pompe a inverter

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 288 985
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 8 670
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 297 655
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 238 124
Equity	I_E	€ 59 531
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 28 683
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 286 833
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 48 710

Tabella 9.13 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 29 285
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 17 294
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 46 579
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	62,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	67,9%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 28 852
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 2 329
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 117 053
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 36 022
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	75,37%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 16 025
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 3 479
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 7 019
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 5 764
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 11 963
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 17 727
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 26 523
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 44 250
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 52 112
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 147 272
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	5,85
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,52
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 159 854
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	13,82%
Indice di Profitto	IP	55,32%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	2,30
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,53
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 117 644
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	58,58%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,499
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	1,723
Indice di Profitto Azionista	IP	40,71%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

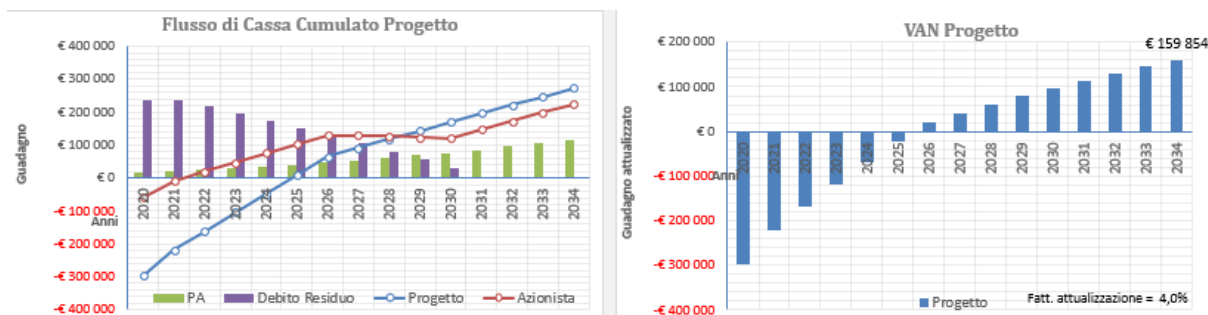


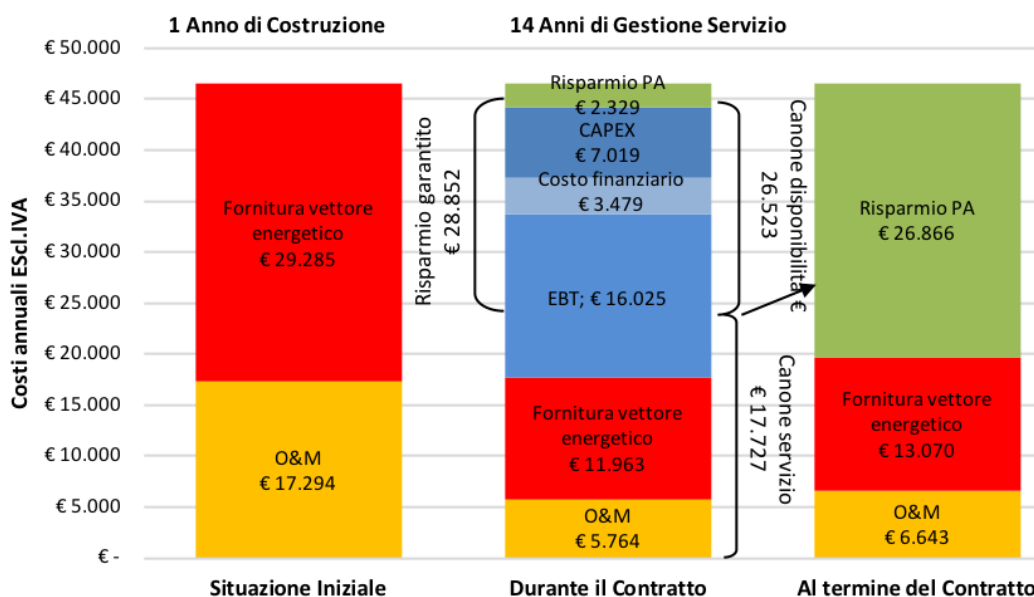
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente sia per TRS < 15 anni sia per VAN positivo con e senza incentivi.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	264,60	255,10
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	226,05	224,03
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,69	0,55
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,00	0,00
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,00	0,00
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	37,87	30,51
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,00	0,00
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	56,50	56,00

Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	89,82	60,27
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	80,71	52,93
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,16	0,13
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	8,95	7,21
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	13,35	13,23

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO ESTERNO
- EEM 2: COPERTURA
- EEM 3: SOSTITUZIONE SERRAMENTI
- EEM 4: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

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

CON INCENTIVI														
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	24.8	15.5	2.939	4.286	0	172.356	12.9	26.8	30	4.677	5.4	0.03	24.8	15.5
EEM 2	16.5	10.4	1.959	2.856	0	48.149	5.7	7.9	30	37.810	13.5	0.79	16.5	10.4
EEM 3	0.9	5.7	1.086	1.584	0	52.800	10.8	19.7	30	7.407	6.8	0.14	0.9	5.7
EEM 4	23.6	15.8	2.994	4.081	0	15.680	1.9	2.2	15	50.955	46.6	3.25	23.6	15.8
SCN 1	76.5	48.6	9.199	12.246	0	288.985	2.3	2.53	30	117.644	58.6	40.7	1.499	1.723

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

SENZA INCENTIVI														
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]		
EEM 1	24.8	15.5	2.939	4.286	0	172.356	23.5	43.5	30	-55.000	1.5	-0.32		
EEM 2	16.5	10.4	1.959	2.856	0	48.149	10.3	14.9	30	21.134	8.9	0.44		
EEM 3	0.9	5.7	1.086	1.584	0	52.800	0.9	37.5	30	-10.881	2.8	-0.21		
EEM 4	23.6	15.8	2.994	4.081	0	15.680	2.4	2.6	15	45.525	39.7	2.9		

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola media e elementare. Si presenta in buono stato.

Tutti gli interventi analizzati sono convenienti in termini di costi – benefici a meno del cappotto esterno (VAN negativo, senza considerare gli incentivi). Gli scenari valutati hanno VAN positivi e tempi di ritorno semplice inferiori a 15 anni.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Consumi energia elettrica – fatture 2014 – 2015 - 2016	16/11/2017	01_EE.pdf
Consumi gas – fatture 2015 - 2016	16/11/2017	02_Gas.pdf
Planimetrie Involucro	16/11/2017	E00964.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN1SS.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIANC.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIANT.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	078-P00-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	078-P00-004-CALDAIA MURALE.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-078_420-P00.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-078_420-P01.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-078_420-P02.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-078_420-S01.dwg
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-078_420-P00-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-078_420-P01-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-078_420-P02-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-078_420-S01-Checklist

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	19/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - E 964 FOTO SOPRALLUOGO
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	23/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - L1-042-078_420-P00.dwg
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	23/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - L1-042-078_420-P01.dwg
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	23/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - L1-042-078_420-P02.dwg
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto 7-E964_rev.01 - Allegato B - L1-042-078_420-P00.TAV_A3-PLAN.pdf
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto 7-E964_rev.01 - Allegato B - L1-042-078_420-P01.TAV_A3-PLAN.pdf
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto 7-E964_rev.01 - Allegato B - L1-042-078_420-P02.TAV_A3-PLAN.pdf
Schema di centrale termica	Schema di centrale termica	25/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - 078-S01-001-CENTRALE TERMICA
Schema di centrale termica	Schema di centrale termica	25/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - 420-P02-004-CALDAIA MURALE
Estratto di mappa	Estratto di mappa	23/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - DOC_1167590024
Visure catastali	Visure catastali	30/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - DOC_1169223369
Visure catastali	Visure catastali	30/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - DOC_1169223491
Visure catastali	Visure catastali	30/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - DOC_1169223605
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	10/04/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - E 964 FOTO SOPRALLUOGO 1.pdf
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	10/04/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - E 964 FOTO SOPRALLUOGO 2.pdf
Individuazione posizione impianto	Individuazione posizione impianto	26/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - E964 - POSIZIONE IMPIANTO
Schema a blocchi impianto termico	Schema a blocchi impianto termico	25/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - E964 Schema a blocchi termico
Schema a blocchi elettrico	Schema a blocchi elettrico	26/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato B - EL E964 schema a blocchi elettrico

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	03/08/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato C - E964 Allegato C – Report di indagine termografica

**ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI**

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	03/08/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato D - E964 REPORT INDAGINI DIAGNOSTICHE

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Elenco completo radiatori	19/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Mappatura termosifoni E964 ELEMENTARE
Elenco completo radiatori	19/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Mappatura termosifoni E964 MEDIA
Ponti termici di dettaglio intervento di miglioramento	14/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E964 riqualif
Ponti termici di dettaglio stato di fatto	09/05/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E964
Raccolta dati stato rilievo	18/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Raccolta Dati E964 ELEMENTARE
Raccolta dati stato rilievo	18/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Raccolta Dati E964 MEDIA
Schema energetico	27/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Schema energetico - E964
Serramenti di dettaglio stato di fatto	09/05/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Serramenti E964
Stratigrafie di dettaglio intervento di miglioramento	14/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E964 riqualif
Stratigrafie di dettaglio stato di fatto	09/05/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E964
Serramenti di dettaglio intervento di miglioramento	14/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato E - Serramenti E964 riqualif

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	03/07/2017	DE_Lotto.7-E964_rev.01 ALLEGATO F Certificato80-Tepsrl

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di Prestazione Energetica	19/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 ALLEGATO G - 22753_2018_732

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE scenari cappotto esterno	14/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato H - E964_CAPPOTTO_INTERNO
Bozza APE scenari copertura	14/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato H - E964_COPERTURA
Bozza APE scenari sostituzione serramenti	14/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato H - E964_SERRAMENTI
Bozza APE scenari valvole e pompe	14/06/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato H - E964_VALVOLE_POMPE

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati Climatici	03/08/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato I - GG_Lotto.7-E964.Rev01

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di Audit	03/08/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato J - E964_Scheda Audit_Template_rev.1

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	03/08/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 - Allegato K - E964 - Scheda ore

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano Economico Finanziario Scenari	04/08/2018	DE_LOTTO.7-E964_ALLEGATO L - AnalisiPEF_rev06

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	25/08/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 Allegato M - Benchmark_Rev02.doc
Report di Benchmark	04/08/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 Allegato M - Benchmark_Rev02.pdf
Report di Benchmark	25/07/2018	DE_Lotto.7-E964_rev.01 Allegato M - Benchmark_Rev03.xls



ALLEGATO N – CD-ROM

