

Scuola materna statale NEMO

E971

Via Cialli 9

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA E971



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



SCUOLA MATERNA STATALE “NEMO” E971

Via Cialli n. 9

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)

Tel: 333 4567890 – genova.auditlotto7@fabryca.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
1	03/08/2018	BERTONI LUCA BROGNOLI GIORDANA	TOMA MAURIZIO BERTONI LUCA	BERTONI LUCA	Prima Pubblicazione

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	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	24
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	ERRORE. IL
SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È
DEFINITO.	
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE.....	ERRORE. IL
SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
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	32
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	36
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	36
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	37
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	38
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	39
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	42
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	42



7.1.1	Vettore termico.....	42
7.1.2	Vettore elettrico.....	45
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	48
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	51
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	51
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	<i>51</i>
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	<i>55</i>
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	<i>55</i>
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	<i>Errore. Il segnalibro non è definito.</i>
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	<i>Errore. Il segnalibro non è definito.</i>
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	<i>Errore. Il segnalibro non è definito.</i>
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	57
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	57
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO.....	72
9.3.1	<i>Scenario 1:15 anni:copertura e cappotto esterno</i>	<i>74</i>
9.3.2	<i>Scenario 2: 25 anni: copertura, cappotto esterno e sost. caldaia.....</i>	<i>81</i>
10	CONCLUSIONI	87
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	87
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	87
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	87
	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		1933
Anno di ristrutturazione		nn
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 edificio adibito ad attività scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m ²]	261,55
Superficie disperdente (S)	[m ²]	782,9
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1449,82
Rapporto S/V	[1/m]	0,54
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	309
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	309
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	309
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	51
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0 kW – no impianto raffrescamento
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	[479]
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	35427
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	30982
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	4152
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3964

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: rifacimento copertura
- EEM 2: isolamento involucro opaco
- EEM 3: sostituzione serramenti
- EEM 4: sostituzione caldaia
- SCN 1: rifacimento copertura, isolamento involucro opaco
- SCN 2: rifacimento copertura, isolamento involucro opaco, sostituzione caldaia

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 _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	14.2	14.8	540	280.8	0	20.674	13.6	27.9	30	287	5.2	0.01	--	--
EEM 2	31	32.3	1.179	620.3	0	38.225	11.6	20.9	30	4.315	6.5	0.11	--	--
EEM 3	12.8	13.3	486.4	252.3	0	12.389	9	14.8	30	3.491	8.4	0.28	--	--
EEM 4	17.8	18.9	675.7	381.0	-8.1	37.348	16.8	20.7	15	-10.532	-2.4	-0.28	--	--
SCN 1	42.9	55.9	1.632	880	0	55.484	17.7	24.2	30	-4.905	-11	-8.84	0.965	0.785
SCN 2	46.8	49.1	1.778	977	1.9	97.621	31.1	104	30	-17.109	-2.96	-17.5	0.826	0.86

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

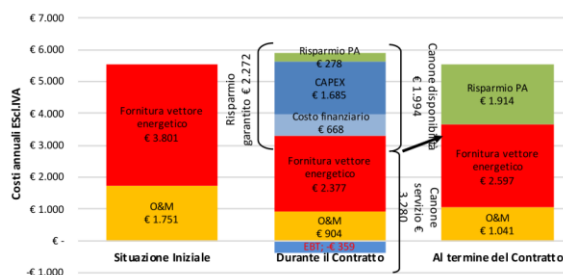
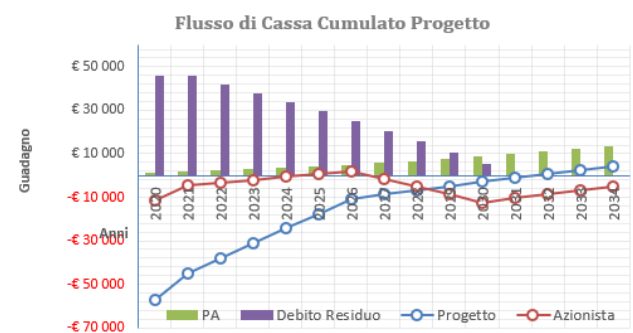
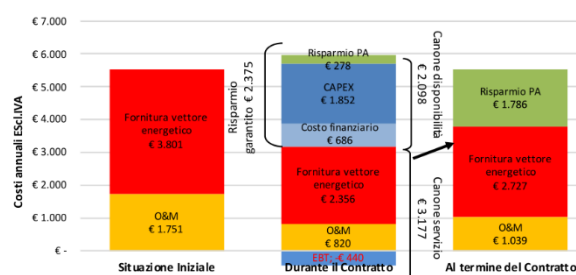
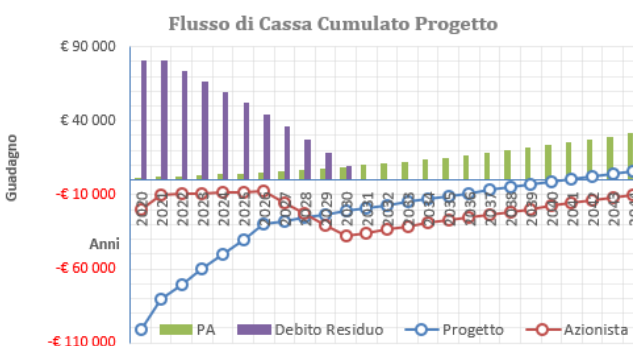


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dalle analisi effettuate gli interventi riguardanti l’involucro opaco e la copertura risultano convenienti in una analisi costi – benefici. Risulta, viceversa, poco indicato il rifacimento dell’impianto di riscaldamento. Risulta del tutto insostenibile dal punto di vista economico la sostituzione dei serramenti.

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 **Ing. Luca Bertoni**, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord-Ovest



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

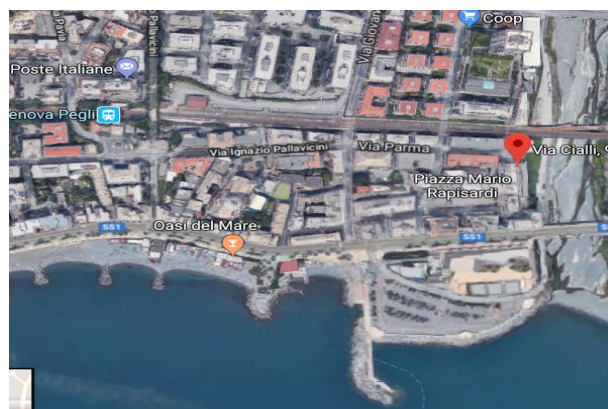
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Paolo Ravera, Maurizio Toma		Sopralluogo in sito
Giordana Brognoli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Giordana Brognoli e Luca Bertoni		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Paolo Ravera, Maurizio Toma		Sopralluogo in sito
Giordana Brognoli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Giordana Brognoli e Luca Bertoni		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 45 Mapp. 503 Sub. 2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente in Via Cialli 9.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola materna Statale.

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		1933
Anno di ristrutturazione		NN
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 edificio adibito ad attività scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m ²]	261,55
Superficie disperdente (S)	[m ²]	782,9
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1449,82
Rapporto S/V	[1/m]	0,54
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	261
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	309
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	309
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	309

Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	51
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	7168
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	35427
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	2915
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	4152
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	938

Nota (1): Valori di Baseline

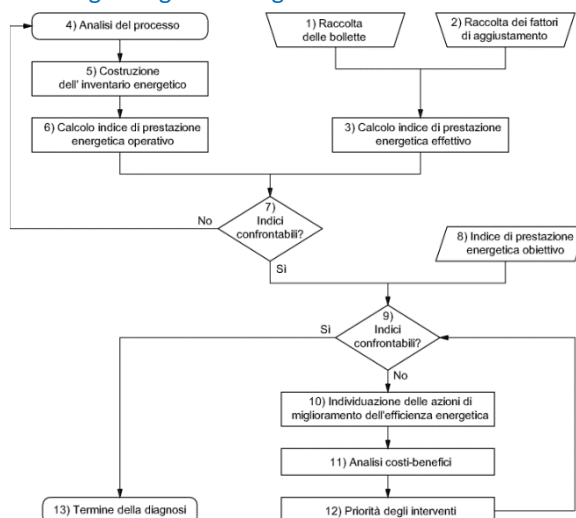
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **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 **30/11/2018** 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 Tep s.r.l. Versione 4.0.3.34 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 80 del 03/07/2017 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 di Genova Pegli 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.

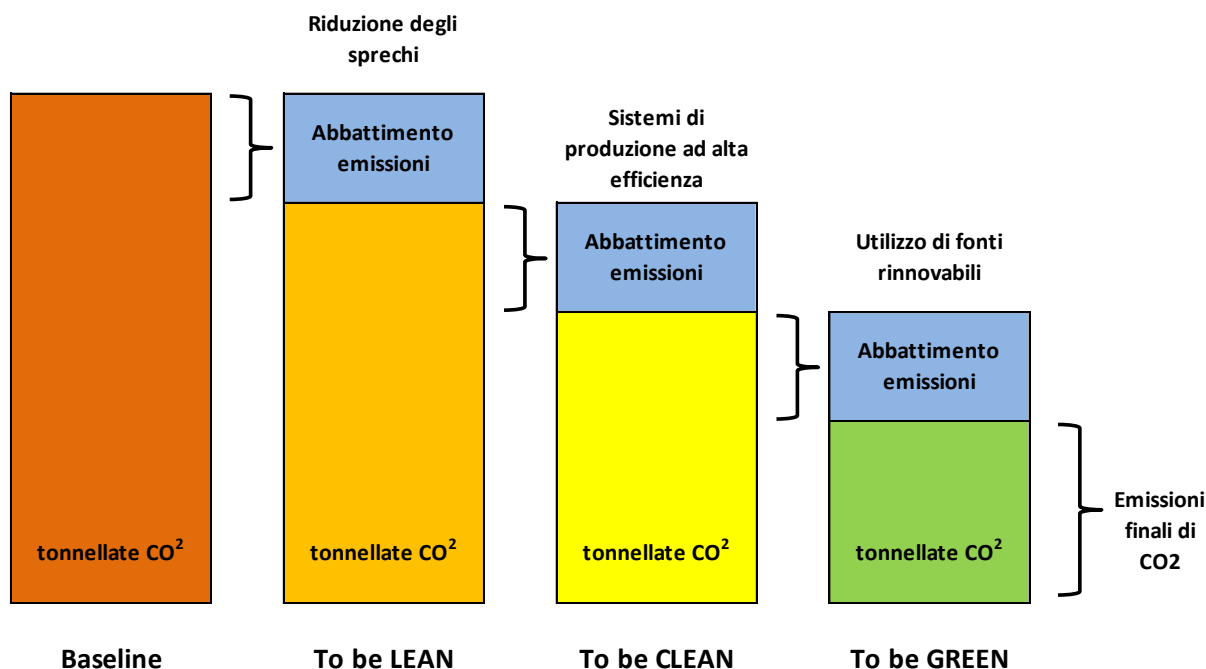
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire 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

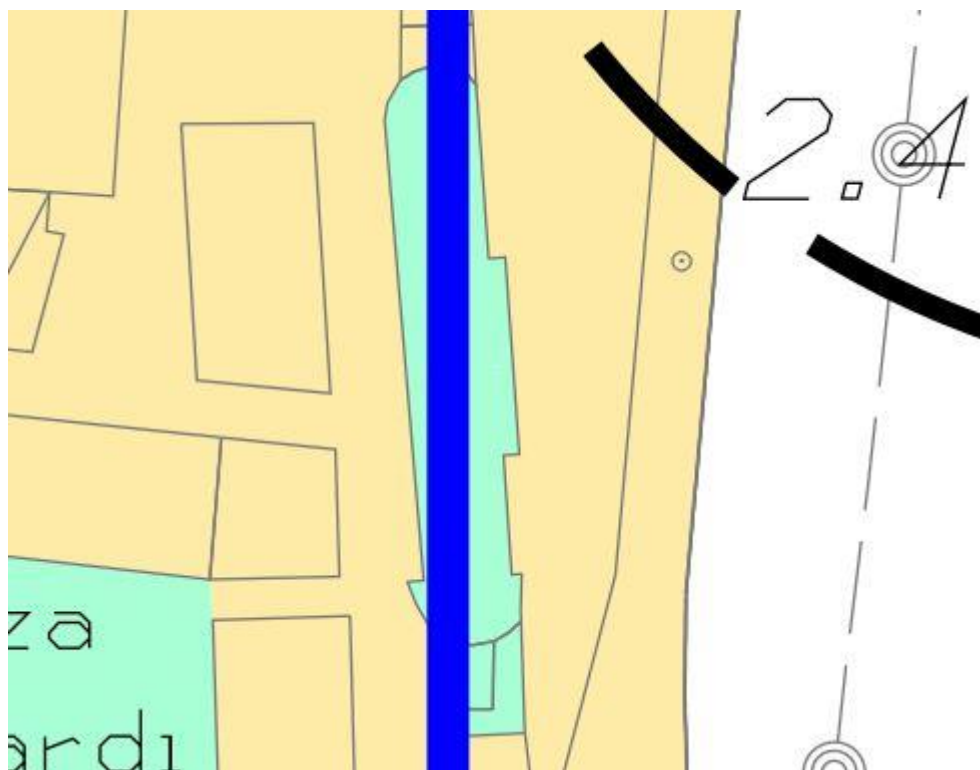
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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		systemi 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		aree di osservazione stabilimenti a rischio di incidente rilevante (Variante PTC della Provincia - D.C.P. 39/2006)		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		n° nodi infrastrutturali
	AC-JU ambito di conservazione dell'impianto urbanistico		aree di esproprio-cantiere relative a opere infrastrutturali		n° assi di relazione città-porto di previsione
	AR-UR ambito di riqualificazione urbanistica - residenziale		n° distretto di trasformazione		n° 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
	ACC-L ambito complesso per la valorizzazione del litorale		limiti amministrativi: Comune		CM SIS-S servizi omiteriali



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

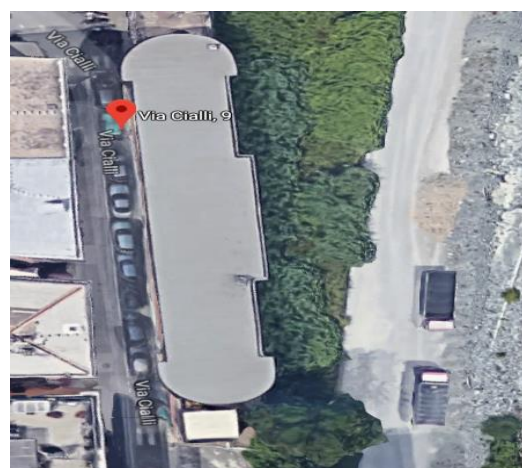
L'Istituto Comprensivo Pegli rappresenta una delle realtà scolastiche pubbliche più importanti del territorio genovese. Si compone di cinque Scuole dell'Infanzia tre Scuole Primarie e una Scuola Secondaria di I grado articolate su diversi plessi, per un totale di più di 1800 alunni e di 200 insegnanti.

L'edificio ove è ubicata la scuola dell'infanzia "Nemo" si trova in via Cialli N° 9, al primo ed ultimo piano dell'edificio che la ospita. Risale all'incirca al 1980 (stima) e ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

E' dotata di un terrazzino sia dall'ingresso principale che dall'uscita di sicurezza. All'interno troviamo: l'ingresso, dove i bambini si cambiano le scarpe, la sala medica, due sezioni, la mensa, un piccolo magazzino, un laboratorio che contiene anche la biblioteca, i bagni, con i sanitari differenziati per maschi e femmine, un refettorio ed un salone nel quale si svolgono attività guidate e gioco libero.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 1 piano fuori terra, nei quali si sviluppano le attività della scuola. Al piano terra è presente la centrale termica.

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⁾
Piano terra	Centrale termica	[m ²]	6.3 mq	0	0
Primo	Scuola Materna	[m ²]	309 mq	261,55	0
TOTALE		[m ²]	315,3	261,55	0

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

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

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

L’immobile non presenta particolari vincoli che possano impedire la realizzazione di qualsiasi intervento di riqualificazione se non la presenza di un corso d’acqua. L’edificio scolastico si trova all’interno di una via particolarmente stretta e difficile da raggiungere (da un lato), mentre dall’altro si affaccia ad un prato adiacente il letto del fiume – il quale tuttavia dovrebbe essere sufficientemente lontano da non creare problemi in caso di interventi all’edificio scolastico.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

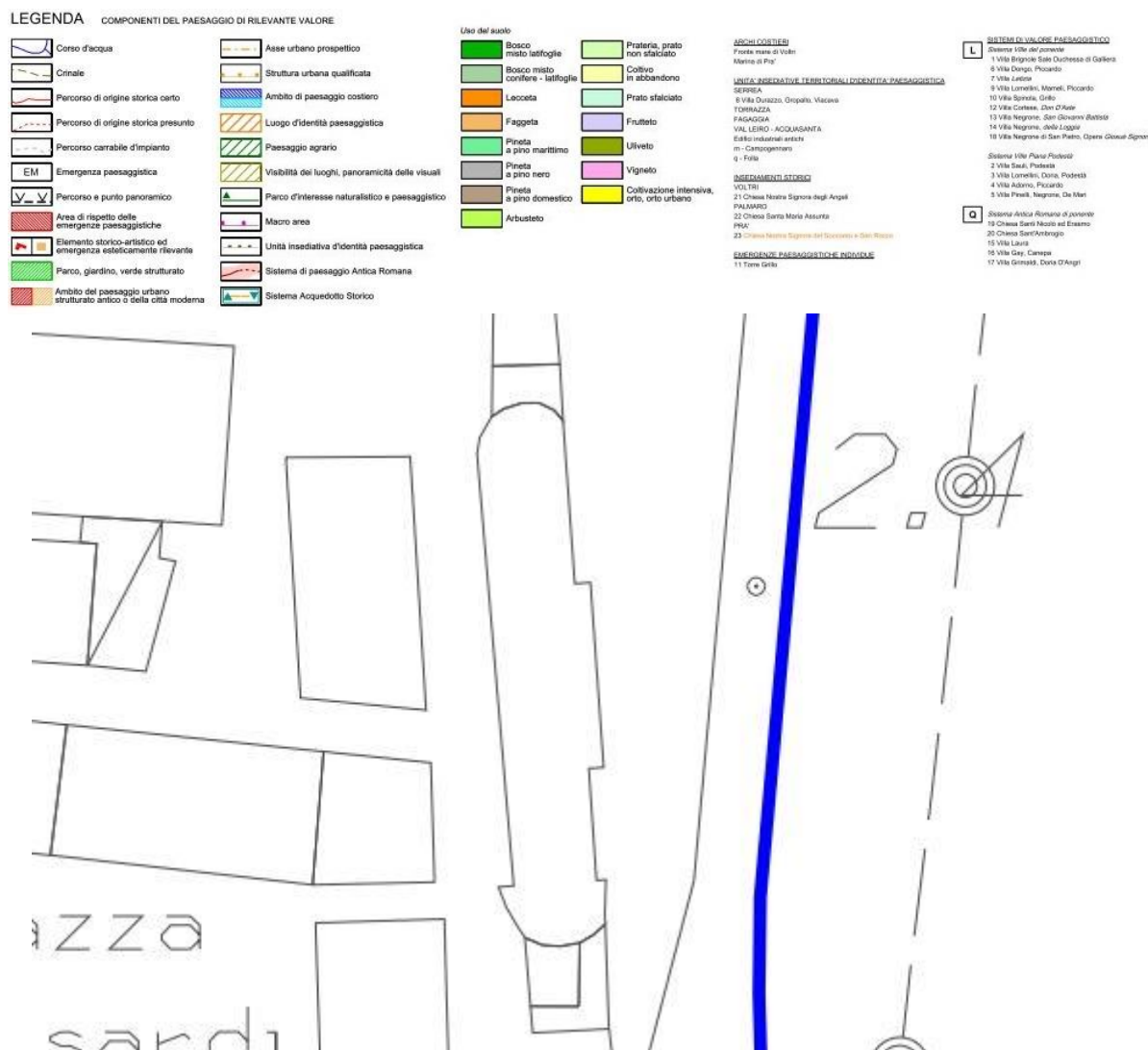


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: riqualificazione copertura	-		-
EEM 2: cappotto esterno involucro opaco	-		Valutare lo spazio per i ponteggi
EEM 3: sostituzione dei serramenti	-		-
EEM 4: riqualificazione impianto di riscaldamento	-		-

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.

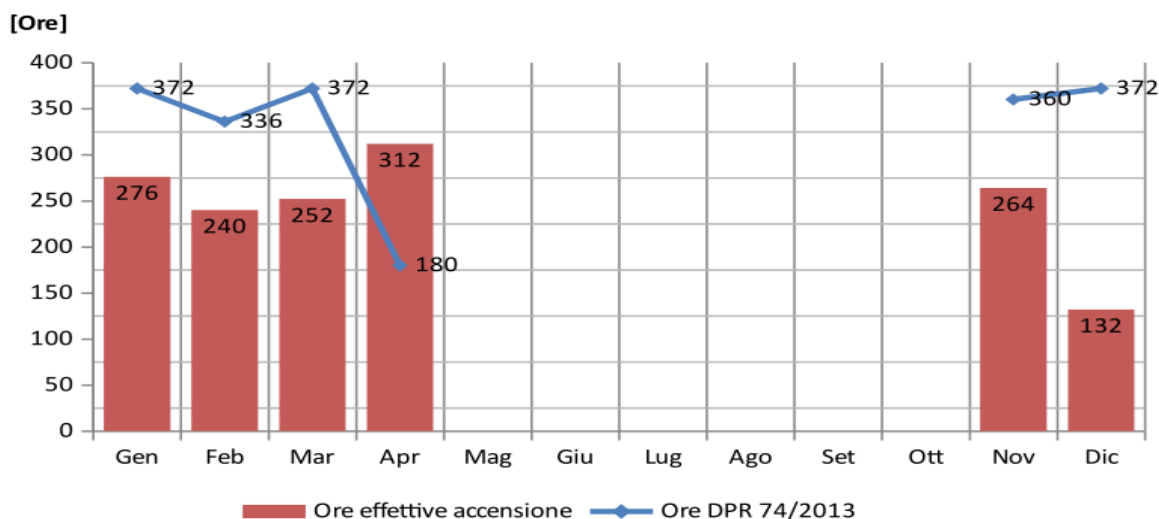
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati individuati dal calendario scolastico dell'istituto, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal Comune di Genova.

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
Settembre - luglio	[dal lunedì al venerdì]	8:30 – 16:20	12 h/giorno
	[sabato e domenica]	chiuso	SPENTO

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma vengono attivati per un tempo maggiore l’effettivo utilizzo dell’immobile. Data la durata della stagione termica, sembrerebbe che l’edificio venga riscaldato anche durante il sabato e la domenica: criticità che deve essere approfondita insieme alla manutenzione degli impianti.

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 928 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}

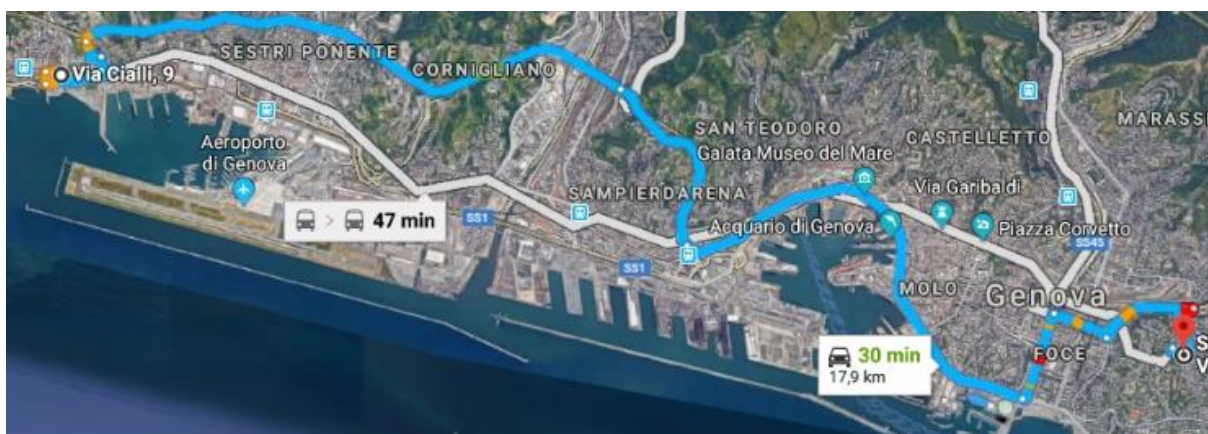
Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
Aprile	30	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 dell’Università di Genova. Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto la stazione Genova Pegli non disponeva di dati completi con cadenza semioraria.

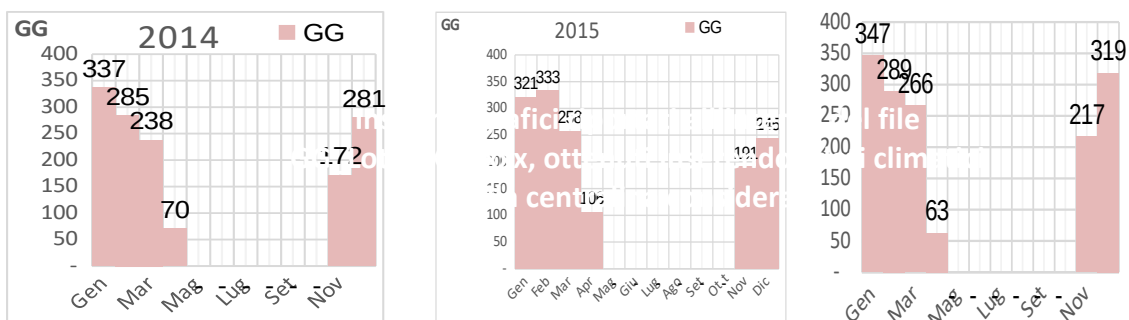
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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) = 1383

GG₂₀₁₅(166 giorni) = 1455

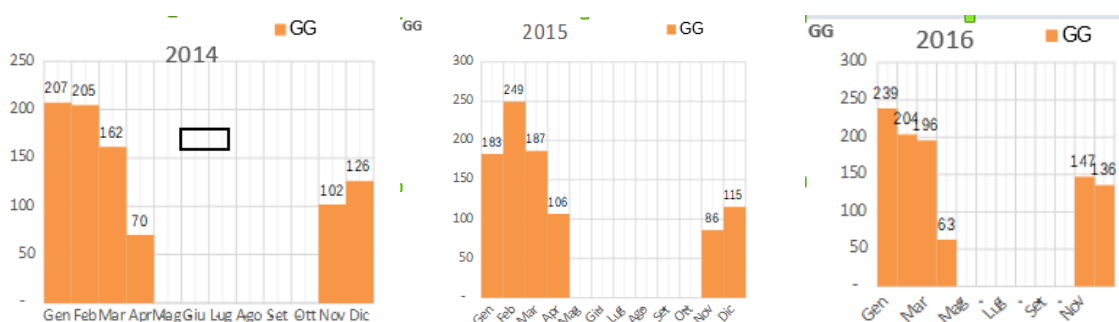
GG₂₀₁₆(166 giorni) = 1501

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 928 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_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



GG₂₀₁₄(111 giorni) = 872

GG₂₀₁₅(111 giorni) = 927

GG₂₀₁₆(111 giorni) = 984

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG nel triennio precedente tende ad aumentare. Ciò può presupporre che, almeno in prima approssimazione, l'energia termica dispersa dall'edificio nell'arco delle diverse stagioni termiche sia aumentata gradualmente.

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 blocco strutturale storico. L'edificio si suppone realizzato in calcestruzzo la cui intonacatura nel tempo è andata persa. L'edificio poggia su una struttura in pietra e conglomerati presumibilmente antecedente la realizzazione dell'edificio scolastico. Tutta la struttura è costituita da serramenti con telaio in alluminio e vetro singolo.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro lato NW



L'edificio non si presenta in buone condizioni (manutenzione ordinaria trascurata da tempo).

Figura 4.2 - Particolare della facciata lato NE

Il comportamento termico dell'edificio è fortemente influenzato dalla morfologia dell'edificio: dispersioni ai 4 lati, copertura piana (non coibentata) e pavimento su una un edificio datato e senza accorgimenti energetici.



L'edificio risulta libero su lato NE, mentre su lato NW è presente un passaggio stradale. Valutare interventi di efficientamento energetico dovrebbe tener conto della conformazione dell'edificio e delle condizioni ad esso adiacenti (ad esempio problema nella realizzazione di ponteggi).

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

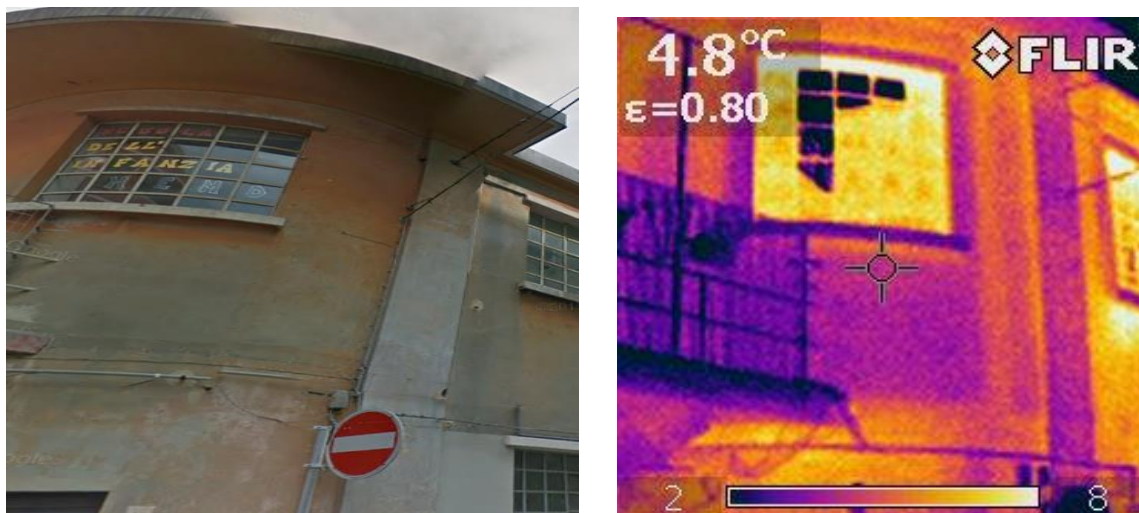
- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera per determinare la posizione delle irregolarità termiche;
- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoigrometriche con frequenza di acquisizione ogni 30'.

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.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- presenza ponti termici
- assenza di rivestimento a cappotto: dispersione termica verso l'esterno
- serramento non riflettente nello spettro dell'infrarosso
- dispersione termica del termosifone sotto la finestra.

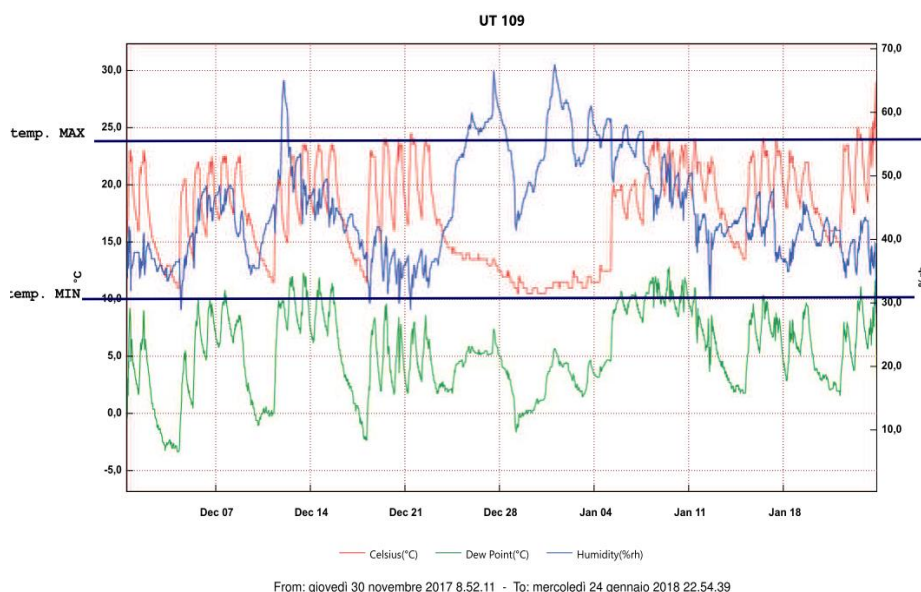
Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete lato Nord



Dal 12 dicembre 2017 al 24 gennaio 2018 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 – UT 109.

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)



Dal grafico si nota che le temperature si mantengono – durante le giornate di lezione, sempre tra i 16 e i 20 °C – con punte di 22/23 °C nelle ore centrali della giornata. Si nota che nel periodo di fermo dell’impianto durante le vacanze di Natale le temperature scendono oltre il 14 °C, causando temperature leggermente inferiori ai 20 °C durante la ripresa delle lezioni a gennaio.

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	COP	30	Assente	1,433	Sufficiente
Parete verticale	M1	45	Assente	2,709	Sufficiente
Parete verticale	M2	30	Assente	3,235	Sufficiente
Pavimento	PAV	30	Assente	1,155	Sufficiente

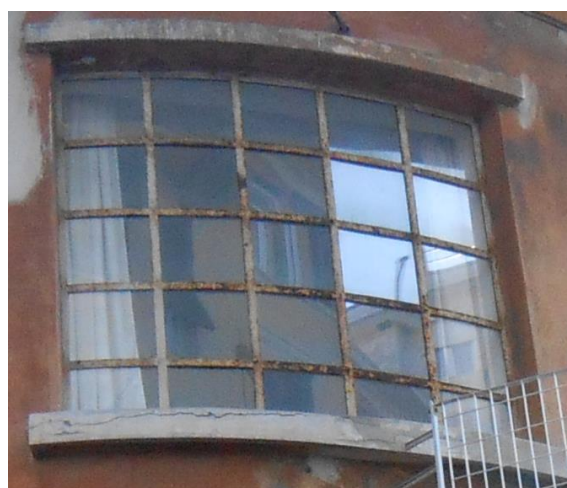
L’elenco completo dei componenti dell’involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell’ Allegato J – Schede di audit.

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio e vetri singoli.

Lo stato di conservazione degli stessi è molto scarso, pertanto si generano rilevanti infiltrazioni d’aria all’interno degli ambienti, causando elevati dispersioni termiche e creando un notevole disagio per gli utenti presenti all’interno dell’edificio

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti lato Nord



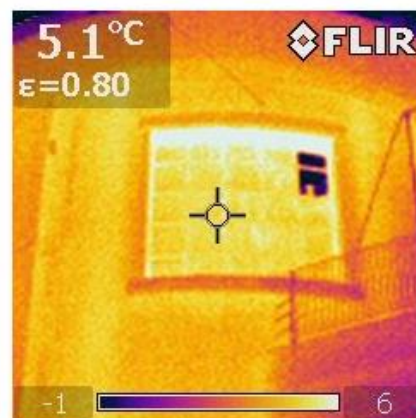
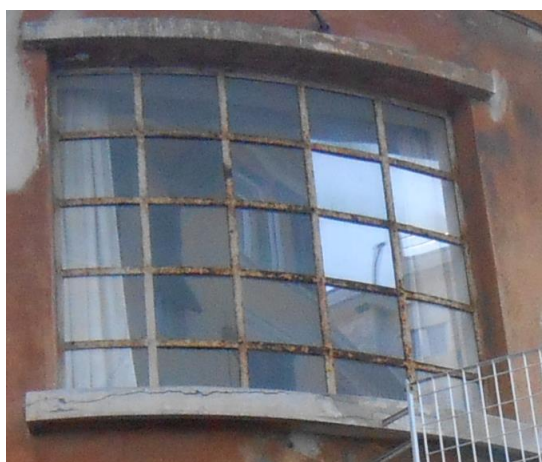
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

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

- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoisometriche 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 lato Nord



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
F1 - AV1 225x180	F1	225x180	Alluminio	Vetro singolo	5,283	Scarso
F2 - AV1 86x180	F2	86x180	Alluminio	Vetro singolo	4,831	Scarso
F3 - AV1 215x180	F3	215x180	Alluminio	Vetro singolo	5,250	Scarso
F4 - AV1 76x180	F4	76x180	Alluminio	Vetro singolo	4,751	Scarso
F5 - AV1 170x254	F5	170x254	Alluminio	Vetro singolo	5,2	Scarso
F6 - AV1 215x254	F6	215x254	Alluminio	Vetro singolo	5,739	Scarso
F7 - AV1 320x180	F7	320x180	Alluminio	Vetro singolo	5,341	Scarso
F8 - AV1 100x180	F8	100x180	Alluminio	Vetro singolo	4,88	Scarso
F9 - AV1 170x244	F9	170x244	Alluminio	Vetro singolo	5,347	Scarso
F10 - AV1 180x180	F10	180x180	Alluminio	Vetro singolo	5,178	Scarso
F11 - AV1 290x180	F11	290x180	Alluminio	Vetro singolo	5,740	Scarso
F12 - AV1 200x180	F12	200x180	Alluminio	Vetro singolo	5,739	Scarso
F13 - AV1 325x180	F13	325x180	Alluminio	Vetro singolo	5,740	Scarso

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto tradizionale costituito da una caldaia a gas metano per la climatizzazione invernale e boiler elettrici per ACS. Sottosistema di emissione.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- radiatori su parete esterna non isolata

Tutti obsoleti e privi di qualsiasi strumento di termoregolazione

Figura 4.6 - Particolare del radiatore presente nell'edificio



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	Radiatore	89%

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 [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]
Terra	-	-	-	-
Primo	Su parete interna non isolata	21	0,492	10,336
TOTALE		21	0,492	10,336

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto ad acqua avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature dalla centrale termica mediante l'utilizzo di una sonda di temperatura esterna.

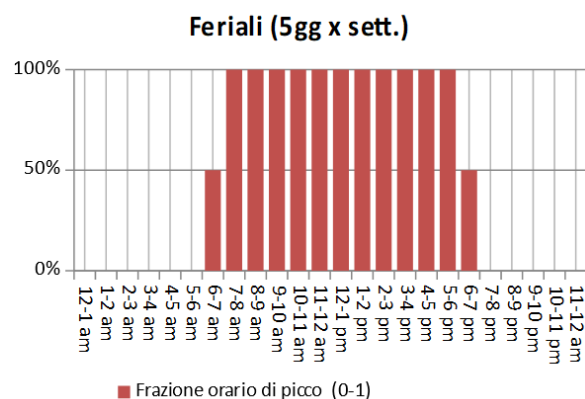
Nel sopralluogo è stato individuato un termostato all'interno di un'aula. Tuttavia si presuppone che non fosse in funzione, poiché era posizionato su una temperatura di set point pari a 15 °, mentre nell'aula tutto il personale e gli studenti si trovavano in una situazione di comfort (temperatura pari a circa 21-22 ° C).

Figura 4.7 - Particolare termostato presente in un'aula (non funzionante)



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento dell'impianto. L'orario di funzionamento dell'impianto è stato individuato sia attraverso le indicazioni dell'impresa che gestisce l'impianto sia dalla sonda di temperatura installata all'interno dell'edificio da cui è stato possibile individuare con precisione l'accensione e lo spegnimento dell'impianto sia durante la settimana che nel fine settimana.

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica scuola (unica zona termica)



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	Climatica	83%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia e le pompe di distribuzione caldo (fluido termovettore acqua)
 - 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori (fluido termovettore acqua)
- 1) **Circuito primario:** non è presente alcuna pompa di circolazione. E' presente solo una è pompa anticondensa (non è stato possibile vederla).

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾	PREVALENZA ⁽⁶⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾
			[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
Pompa anticondensa	P1	anticondensa	nn	nn	nn

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 primario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
scuola	Mandata	Caldo	--	85
	Ritorno	Caldo	--	40

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati il giorno – non avvenuto

- 2) **Circuito secondario:** è' presente una pompa di circolazione gemellare per la mandata calda per il circuito secondario così denominato:
 - Zona 1: Scuola.

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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾	PREVALENZA ⁽⁵⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾
			m ³ /h	kPa	kW
Zona 1	P1/P2	mandata acqua calda zone a radiatori (gemellare)	40	10	0,11
TOTALE	P1/P2	mandata acqua	40	10	0,11

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 4.9.

Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

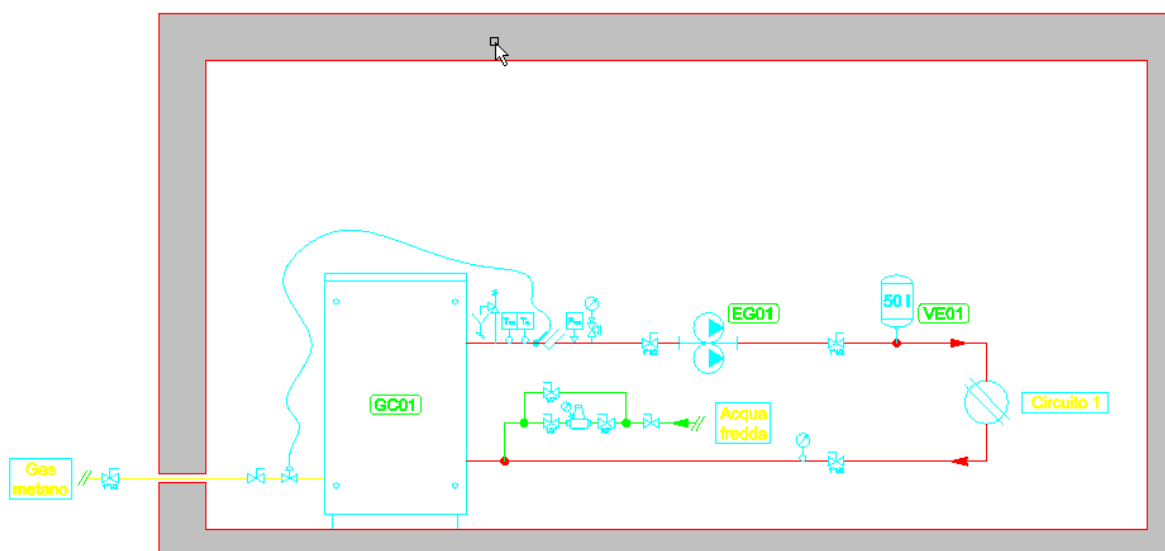
CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾		TEMPERATURA CALCOLO
		°C		°C
Zona 1	Mandata	Caldo	--	70
	Ritorno	Caldo	--	40

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (8): Valori rilevati il giorno – non effettuato

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: 212-P00-001-CENTRALE TERMICA)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 98.3%.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia tipo ELLEN 2-51.

Figura 4.10 - Particolare del generatore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	JOANNES	ELLEN 251 25	2008	56	51	90.63%	0.3

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 88 %.

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 e degli spazi destinati all'uso di questa utenza.

La produzione è eseguita tramite due bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale e nella zona mensa (1200 W ciascuno).

Figura 4.11 - Particolare di un boiler elettrico



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
99%	99%	--	--	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 ossia PC e stereo utilizzati per le attività didattiche. Inoltre sono presenti alcune utenze specifiche nell'aula ristoro del personale e alcuni campanelli all'ingresso della scuola.

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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Scuola	PC	1	250	250	1.500
Scuola	Citofoni e campanelli	6	30	180	100
Scuola	Apparati ICT	5	200	1000	2000
Scuola	Ventole Vortice	2	35	70	1000
Scuola	Stereo	2	750	1500	1000
Scuola	Frigorifero	1	600	600	2000

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici 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.

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.

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di 2 principali tipologie, ovvero neon da 18 W o da 36 W.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel corridoio



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportati nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola (aule e corridoio)	Alogena	23	18	414
Scuola (aule e corridoio)	Alogena	14	36	504
Servizi igienici	Alogena	4	18	72
Locale spogliatoio	Alogena	2	36	72

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.

Dal sopralluogo è emerso che, per quanto l'apparato elettrico si presentasse in buon condizioni, è certamente datato e a scarsa efficienza.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale 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 [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm ³]	PCI [kWh/Nm ³]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm ³ /Nm ³]	PCI [kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	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 la presenza di 1 contatore il quale risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1.

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270036445408	Riscaldamento	4.009	3.528	3.762	37.764	33.234	35.436

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.

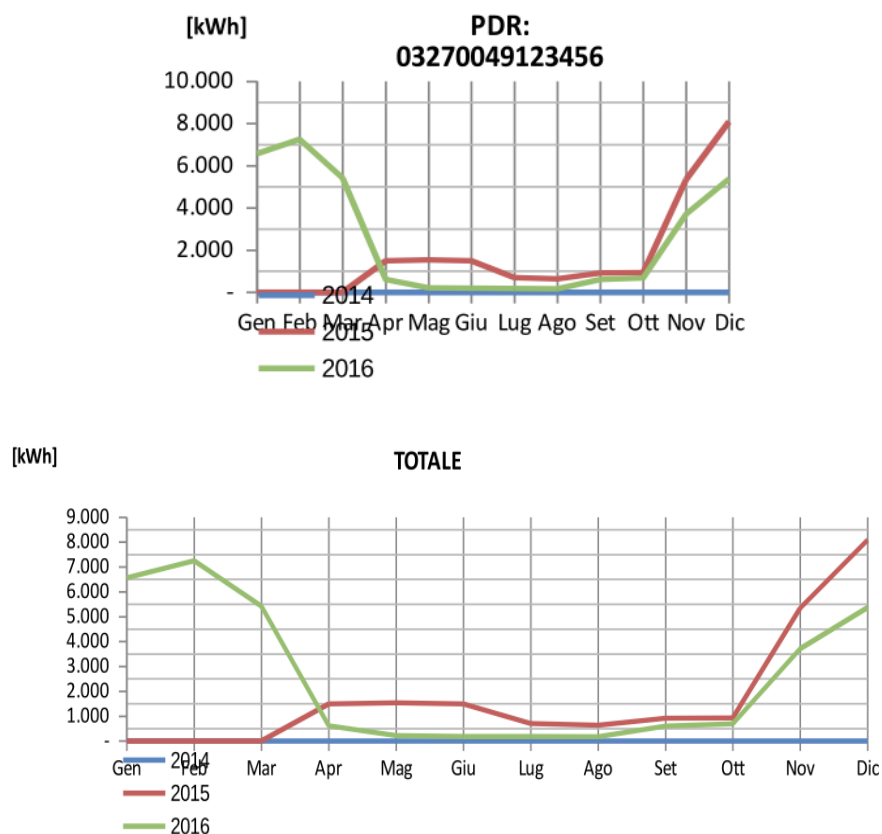
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 3270036445408	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	--	--	697	--	--	6.566
Febbraio	--	--	770	--	--	7.253
Marzo	--	--	576	--	--	5.426
Aprile	--	159	65	--	1.498	612
Maggio	--	163	23	--	1.535	217
Giugno	--	159	20	--	1.498	188
Luglio	--	74	19	--	697	179
Agosto	--	67	18	--	631	170
Settembre	--	97	64	--	914	603
Ottobre	--	99	73	--	933	688
Novembre	--	567	394	--	5.341	3.711
Dicembre	--	858	570	--	8.082	5.369
Totale	--	2.243	3.289	--	21.129	30.982

I dati non inseriti risultavano non 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



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 19 Smc, e un valore di massimo prelievo di 770 Smc. L'andamento dei consumi segue la stagionalità senza troppe variazioni durante gli anni. Le anomalie sono dovute alla mancanza di dati.

Confrontando l'andamento ei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che i consumi risultano leggermente inferiori nel 2016 rispetto al 2014 rispetto ad un aumento dei gradi giorno individuati.

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 (Tale contributo non è stato valutato);

\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. (Tale contributo non è stato valutato)

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU 111 GIORNI	GG _{RIF} SU 111 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 926 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	872	926	4.009	37.776	43,3	40.112	--	--
2015	927	926	3.528	33.243	35,9	33.212	--	--
2016	984	926	3.762	35.448	36	33.361	--	--
Media	928	926	3.766	35.489	38,3	35.427	--	--

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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}	--
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	35.427
$Q_{baseline}$	

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola materna.

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]
IT001E00096356	Scuola materna	3.963	3.881	4.461	4.152
TOTALE		3.963	3.881	4.461	EEbaseline 4.152

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-E971) e risultano leggermente inferiori solo per l’anno 2015. In linea di massima, l’errore è inferiore al 5% tra quelli identificati in baseline e quelli analizzati dalle fatture.

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 4.152.

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

POD: IT001E00096356	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	215	44	68	327
Feb - 14	194	39	62	295
Mar - 14	215	44	68	327
Apr - 14	208	42	66	316
Mag - 14	215	44	68	327
Giu - 14	208	42	66	316
Lug - 14	215	44	68	327
Ago - 14	215	44	68	327
Set - 14	208	42	66	316
Ott - 14	256	40	69	365
Nov - 14	248	39	67	354
Dic - 14	256	41	69	366
Totale	2.653	505	805	3.963
POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	287	49	74	410
Feb - 15	260	45	67	372
Mar - 15	197	38	59	294
Apr - 15	124	27	43	194
Mag - 15	218	43	73	334
Giu - 15	159	41	73	273
Lug - 15	77	39	65	181
Ago - 15	147	26	46	108
Set - 15	147	38	68	253
Ott - 15	335	84	126	545
Nov - 15	311	60	116	487
Dic - 15	275	50	108	433
Totale	2.425	539	917	3.881
POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	297	55	103	455
Feb - 16	278	57	94	429
Mar - 16	233	56	102	391
Apr - 16	217	56	96	369
Mag - 16	265	54	96	415
Giu - 16	168	52	94	314
Lug - 16	87	51	90	228
Ago - 16	52	36	67	155
Set - 16	148	46	69	263
Ott - 16	303	60	87	450
Nov - 16	347	63	95	505
Dic - 16	293	70	124	487
Totale	2.688	656	1.117	4.461

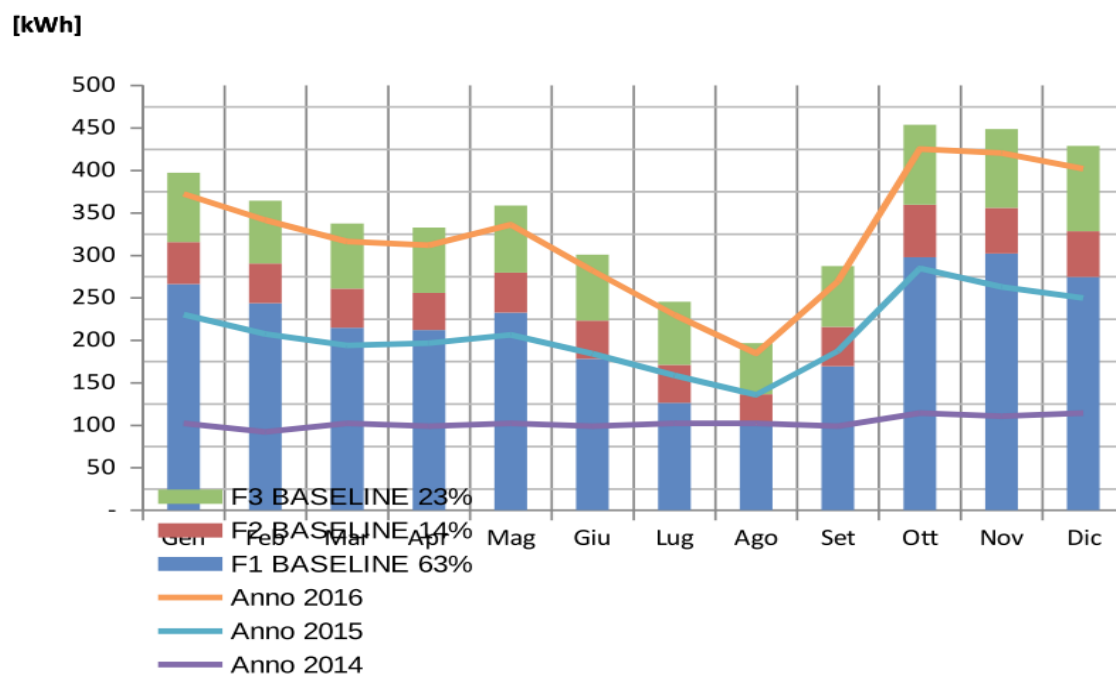
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	266	49	82	397
Febbraio	244	47	74	364
Marzo	215	46	76	337
Aprile	212	44	77	333
Maggio	233	47	79	359
Giugno	178	45	78	301
Luglio	126	45	74	245
Agosto	101	35	60	197
Settembre	169	47	71	287
Ottobre	298	62	94	454
Novembre	302	54	93	449
Dicembre	275	54	100	429
Totale	2.619	574	959	4.152

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico in Figura 5.2.

Figura 5.2 – 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 coerenti con l’effettivo utilizzo delle utenze elettriche (periodo estivo consumi elettrici inferiori). I consumi del 2014

presentano però delle anomalie in quanto il consumo risulta stabile per tutti i mesi e non segue l'andamento stagionale dei consumi.

Non è stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici perché non presenti.

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.

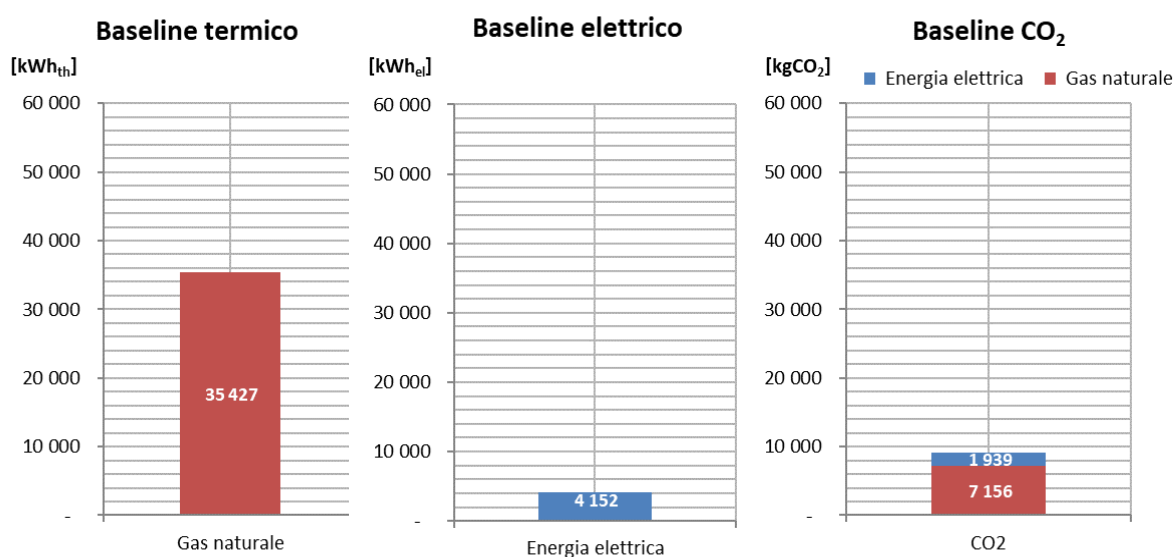
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

* 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 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.3

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	4.152	* 0,467	1.939
Gas naturale	35.427	* 0,202	7.156

Figura 5.3 – 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	262	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	309	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	1.449	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	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	35.427	1,05	37.198	142,2	120,4	25,7	27,36	23,16	4,94
Energia elettrica	4152	2,42	10.047	38.34	32.5	6.9	7,41	6,27	1,34
TOTALE			47.245	180.54	152.9	32.6	35	29	6

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/m²]	FATTORE 2 [kWh/m²]	FATTORE 3 [kWh/m³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m³]
Gas naturale	35.427	1,05	37.198	142,2	120,4	25,7	27,36	23,16	4,94
Energia elettrica	4.152	1,95	8.096,4	31	26,2	5,6	7,41	6,27	1,34
TOTALE			45.294	173	147	31	35	29	6

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

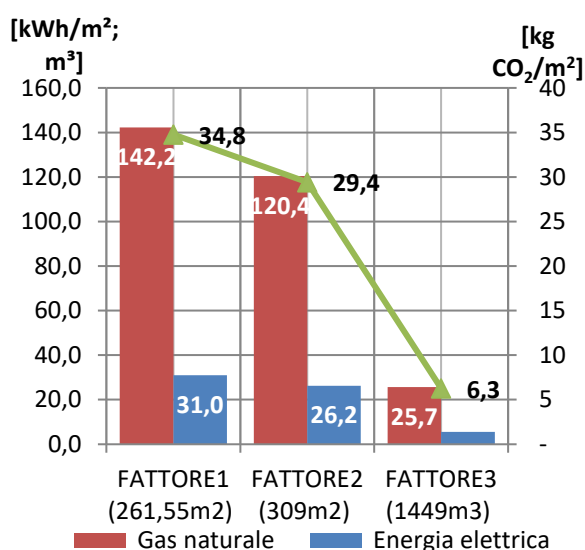
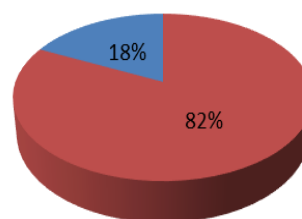
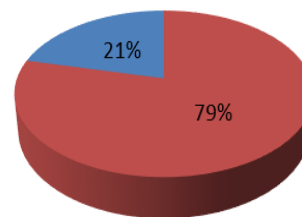


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni 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	18,35	16,14	17,22	--	--	--
Energia elettrica	--	--	--	14,25	13,96	16,04

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo per riscaldamento risultati inferiori a 18,5 entrando sempre nella classe di merito dei consumi specifici "BUONO", l'edificio dovrebbe presentare impianto efficiente e buona gestione. Tuttavia sarebbe da valutare meglio l'indicatore h/g perchè potrebbe essere meglio valutato (in questo caso sono state indicate 9 ore di funzionamento della scuola al giorno).

Per quanto riguarda l'illuminazione la classe di merito dei consumi specifici è invece "SUFFICIENTE", pertanto la scuola non dovrebbe presentare "sprechi energetici" considerevoli. I risultati in dettaglio sono riportati 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	511.30	493.23
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	426.43	424.83
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	48.91	39.41
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	35.96	28.98
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	109.7	105.85

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	11.024,1	103.877
Energia Elettrica	--	4.773.8

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

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

Dove:

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

- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell’edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

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

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

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

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor

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)
- Indicie 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	$EP_{gl,ren}$	kWh/mq anno	250.37	232.29
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	164.5	162.90
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	48.91	39.41
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	35.96	28.98
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	59	55.05

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)

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	5.398,20	50.866
Energia Elettrica	2.337,6	5.656,992

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
37.252	35.427	3

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
4.152	4.330	4

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

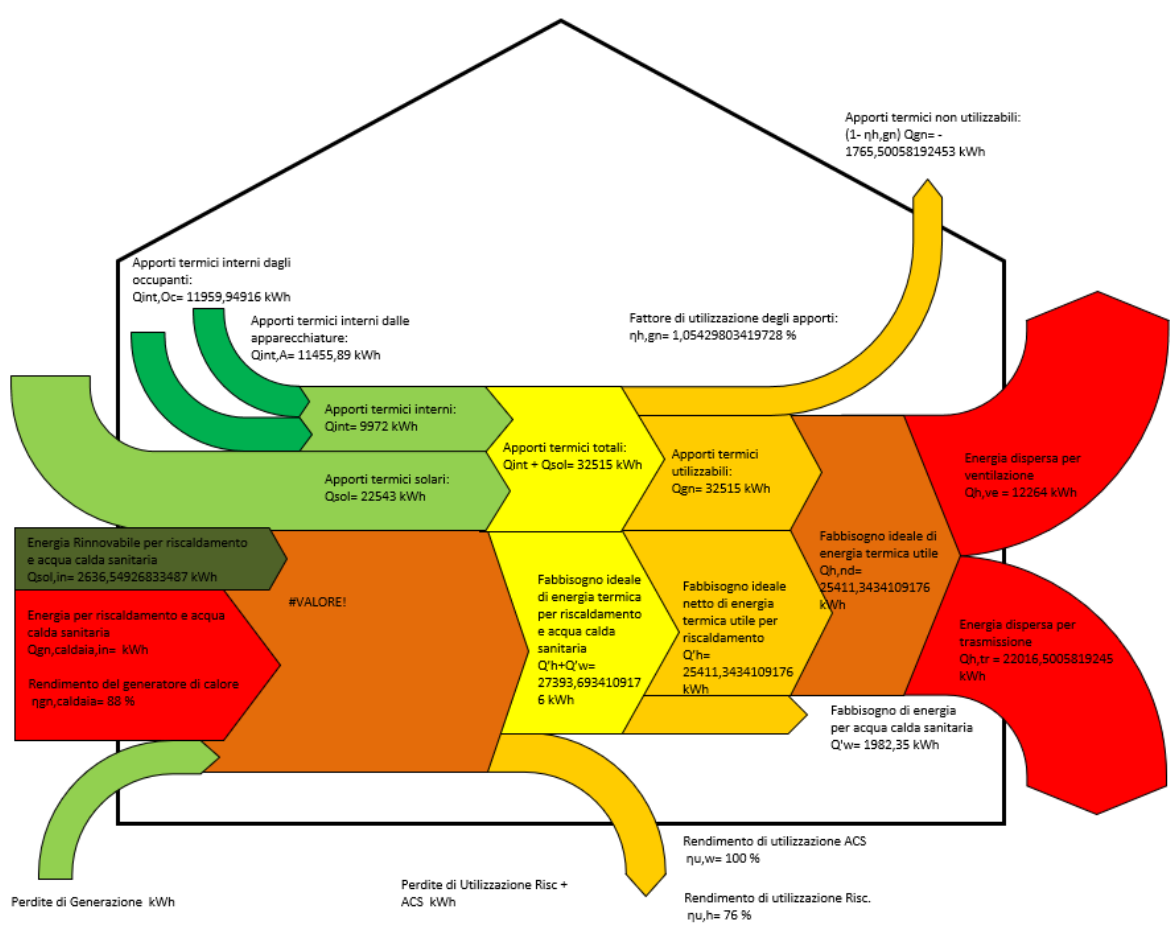
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

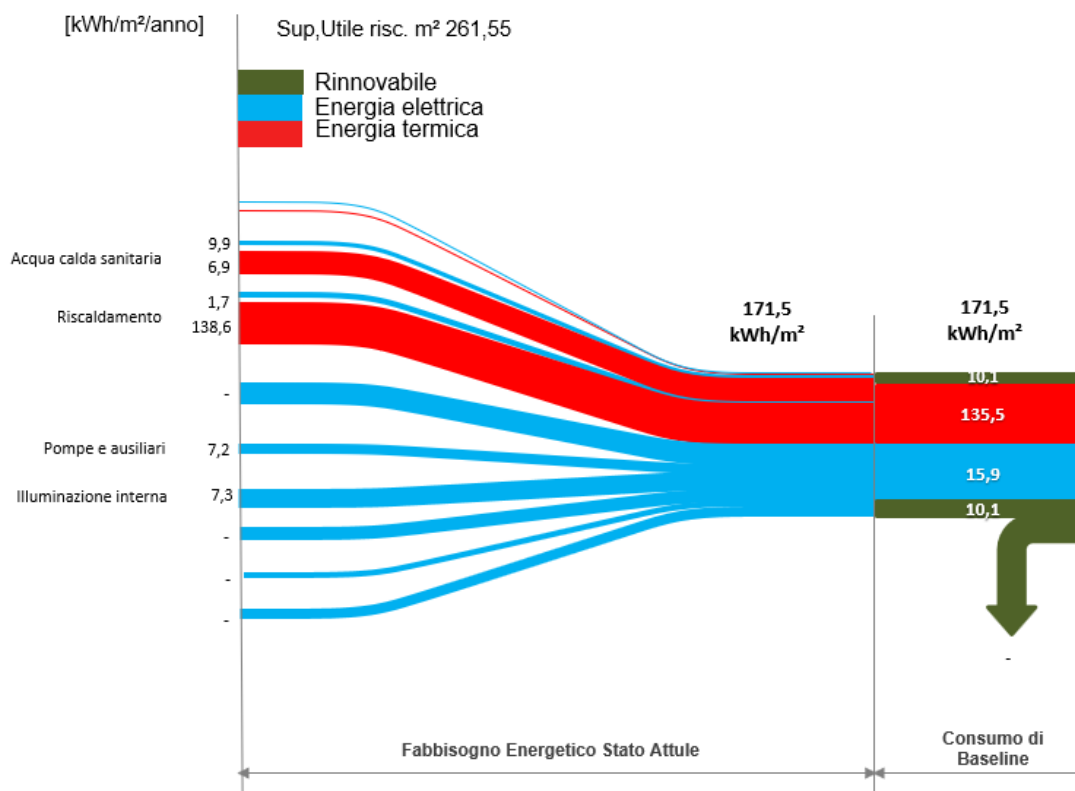
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



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.

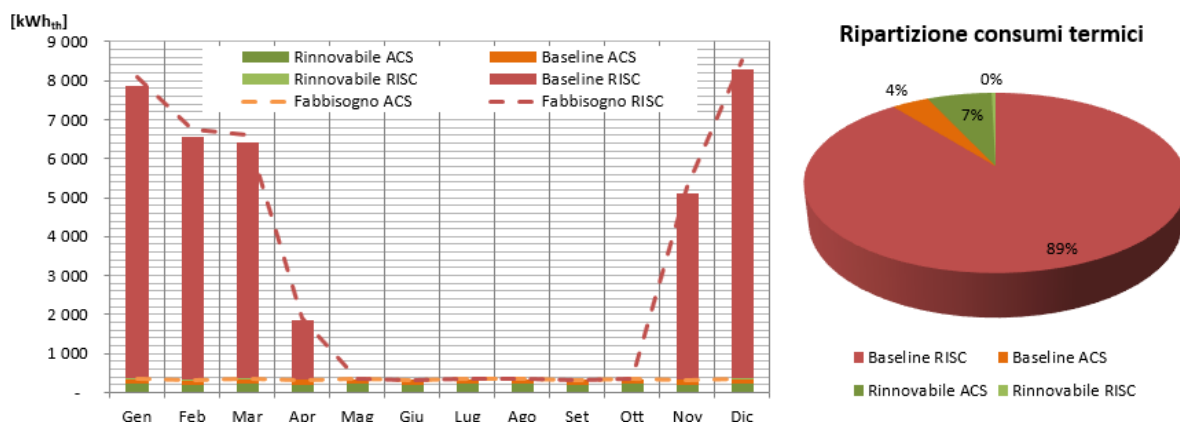
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che la maggior richiesta di energia è relativa alla parte di energia termica.

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



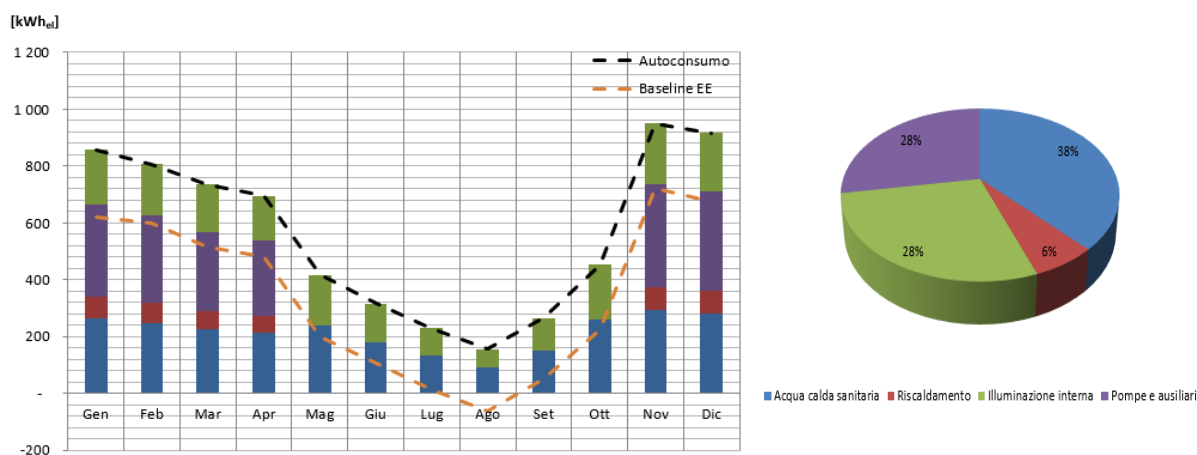
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti. La componente rinnovabile risulta inoltre non presente per la quota parte di 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 e all'acs. Gli interventi di efficientamento non vengono considerati per questo tipo di immobile perché poco significativi (le utenze interessate sono poche).

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 unico PDR all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270036445408: 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 .

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: 03270049123457	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA VIA CIALLI 9 16155 GENOVA GE	COMUNE DI GENOVA VIA CIALLI 9 16155 GENOVA GE	VIA CIALLI 9 GENOVA GE 16156
Società di fornitura	COMUNE DI GENOVA VIA GARIBALDI 9 16124 GENOVA GE PI. 00856930102	COMUNE DI GENOVA VIA GARIBALDI 9 16124 GENOVA GE PI. 00856930102	COMUNE DI GENOVA VIA GARIBALDI 9 16124 GENOVA GE PI. 00856930102
Inizio periodo fornitura	IREN MERCATO SPA	ENI S.P.A.	ENERGETIC S.p.A.
Fine periodo fornitura	01/04/2014	01/04/2015	01/04/2016
Classe del contatore			
Tipologia di contratto	nn	attiva	Non attiva
Opzione tariffaria (*)	nn	PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO	Punto di riconsegna per usi diversi
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nn	OP1208	[...]
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	nn	1,02	1,02
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	nn	38,190 MJ/Smc	39.483,0 kJ/Smc0,196355 €/Smc

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 costo di fornitura dell'energia è diminuito dal 2015 al 2016.

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 rierimento

PDR: 3270036445408	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]
Gennaio	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Febbraio	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Marzo	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Aprile	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Maggio	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Giugno	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Luglio	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Agosto	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Settembre	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ottobre	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Novembre	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Dicembre	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Totale	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
PDR: 03270036445408	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]
Gennaio	--	--	--	--	--	--	--	--
Febbraio	--	--	--	--	--	--	--	--
Marzo	--	--	--	--	--	--	--	--
Aprile	44.49	3.85	18.52	33.96	7.47	101	1.498	0.067
Maggio	45.61	3.85	18.52	33.96	7.47	102	1.535	0.066
Giugno	44.49	3.85	18.52	33.96	7.47	101	1.498	0.067
Luglio	20	3.85	8.57	15.67	3.44	48	697	0.069
Agosto	18.19	3.85	7.76	14.19	3.12	44	631	0.070
Settembre	25.96	3.85	11.23	20.54	4.51	62	914	0.067
Ottobre	27.17	3.85	11.47	20.96	4.55	63	933	0.068
Novembre	156.19	3.85	65.67	120.09	26.4	346	5.341	0.065
Dicembre	236.33	3.85	99.38	181.73	39.82	521	8.082	0.064
Totale	618	35	260	475	104.25	1388	21.129	0.066
PDR: 03270036445408	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]
Gennaio	189.65	3.52	91.98	132.9	1.91	418	6566	0.064
Febbraio	198.70	3.52	91.98	152.77	1.91	449	7253	0.062
Marzo	140.11	3.52	63.80	111.63	0.06	319	5426	0.059
Aprile	46.49	88.88	28.06	49.77	1.91	213	612	0.348
Maggio	16.22	88.88	9.67	17.16	1.91	132	217	0.609
Giugno	14.71	88.88	8.84	15.67	1.91	128	188	0.680
Luglio	14.41	88.88	8.35	14.61	1.91	126	179	0.705
Agosto	14.17	88.88	8.23	14.4	1.91	126	170	0.741

E971 – SCUOLA MATERNA STATALE “NEMO”

Settembre	15.43	88.88	9.07	14.89	1.91	129	603	0.214
Ottobre	19.10	88.88	8.85	17.16	1.91	134	688	0.195
Novembre	104.24	88.88	48.27	93.61	1.91	335	3711	0.09
Dicembre	133.92	88.80	62.24	120.73	1.91	406	5369	0.076
Totale	907	810	439	759	22.92	2915	30982	0.094

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

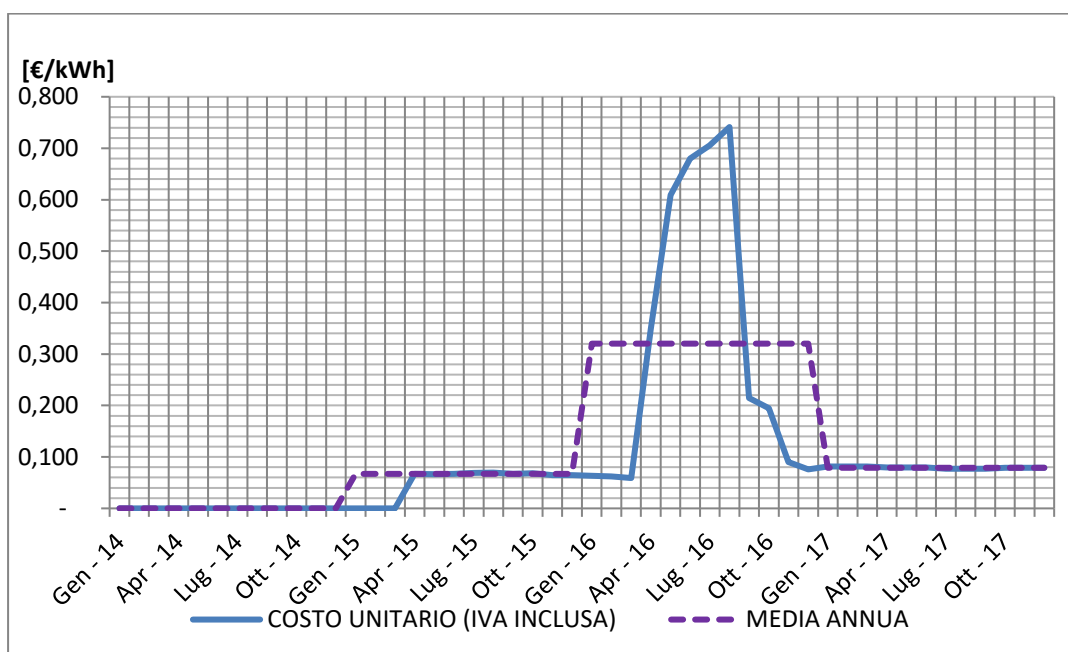
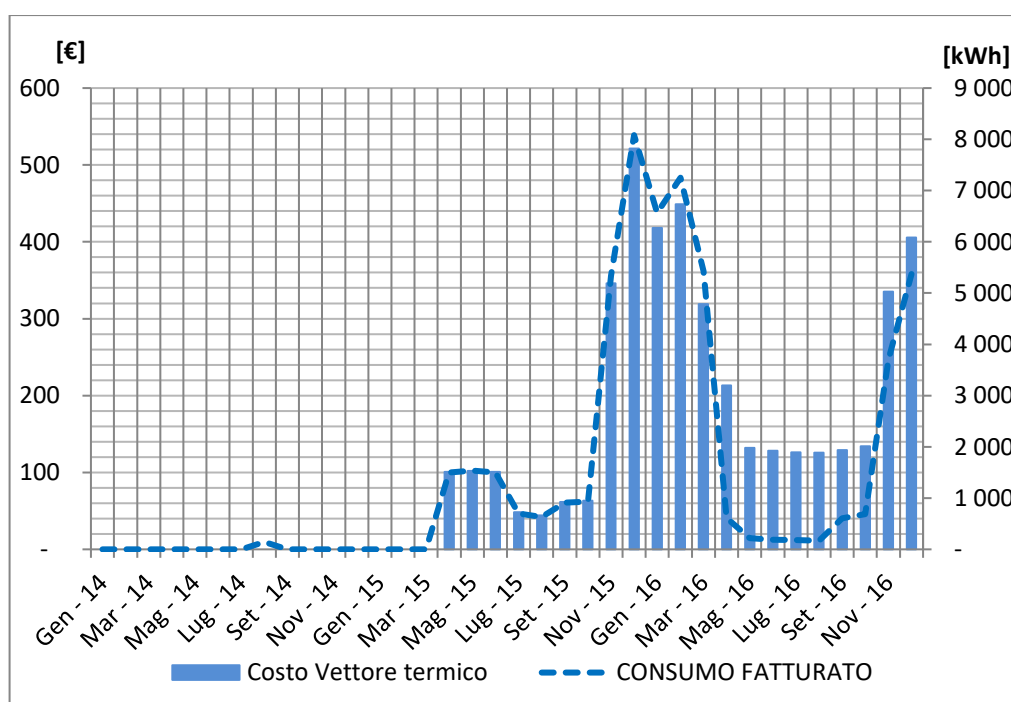


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è cresciuto nell'anno 2016 ma rimanendo (soprattutto primo trimestre), mentre è calato soprattutto nella seconda parte dell'anno 2016. La mancanza di dati ha influenzato significativamente i risultati.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un solo contatore,, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00096356: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00012345	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova – direzione patrimonio Via di Francia 1 - Genova	Comune di Genova – direzione patrimonio Via di Francia 1 - Genova	Comune di Genova – direzione patrimonio Via di Francia 1 - Genova
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	GALA SPA	IREN SPA
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	01/04/2016	--
Potenza elettrica impegnata	10	10	10
Potenza elettrica disponibile	11	11	11
Tipologia di contratto	FORNITURE IN BT (ESCLUSO IP)	CONSIP EE12 – LOTTO 2 TARIFFA BTA4	CONSIP13 VERDE- LO390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	MENSILE	MENSILE	MENSILE
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0.292 €/kWh	0.259	0.210

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 prezzo di fornitura dell'energia è mediamente diminuito.

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 rierimento

POD: IT001E00096 356	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	25	12	50	4	10	101	327	0.308
Feb – 14	23	12	50	4	9	97	295	0.329
Mar – 14	25	12	50	4	10	101	327	0.308
Apr – 14	24	12	50	4	10	100	316	0.318
Mag – 14	25	12	50	4	10	101	327	0.310
Giu – 14	24	12	50	4	10	100	316	0.317
Lug – 14	6	12	5	1	1	25	327	0.077
Ago – 14	25	12	51	4	10	101	327	0.310
Set – 14	24	12	55	4	10	105	316	0.331
Ott – 14	28	12	51	5	11	106	366	0.291
Nov – 14	27	12	51	4	11	105	354	0.296
Dic – 14	27	12	60	5	11	114	366	0.311
Totale	284	139	574	46	113	1157	3964	0.292
POD: IT001E00096 356	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	29	12	77	5	12	134	410	0.328
Feb – 15	25	12	73	5	11	126	369	0.340
Mar – 15	25	12	73	5	-	115	294	0.390
Apr – 15	18	15	26	4	-	63	313	0.202
Mag – 15	12	15	18	3	-	48	334	0.144
Giu – 15	14	15	23	3	-	55	273	0.200
Lug – 15	10	15	15	2	-	42	181	0.234
Ago – 15	6	15	9	1	-	31	108	0.290
Set – 15	14	15	24	4	-	57	283	0.200
Ott – 15	25	15	49	4	-	93	545	0.170
Nov – 15	70	15	107	16	-	209	487	0.429
Dic – 15	14	15	39	5	-	73	433	0.169
Totale	262	170	534	57	22	1046	4030	0.259
POD: IT001E00096 356	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	22	15	38	6	-	81	455	0.178
Feb – 16	17	15	34	5	-	71	429	0.167

E971 – SCUOLA MATERNA STATALE “NEMO”

Mar - 16	16	15	33	5	-	69	391	0.175
Apr - 16	19	13	27	5	10	74	369	0.202
Mag - 16	23	13	31	5	10	82	415	0.199
Giu - 16	19	13	23	4	9	68	314	0.216
Lug - 16	16	13	17	3	8	57	228	0.249
Ago - 16	14	13	11	2	8	48	155	0.310
Set - 16	19	13	19	3	8	63	263	0.238
Ott - 16	36	13	33	6	12	100	450	0.223
Nov - 16	45	13	37	6	13	115	505	0.227
Dic - 16	41	13	36	6	13	109	487	0.224
Totale	287	163	340	56	91	938	4461	0.210

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

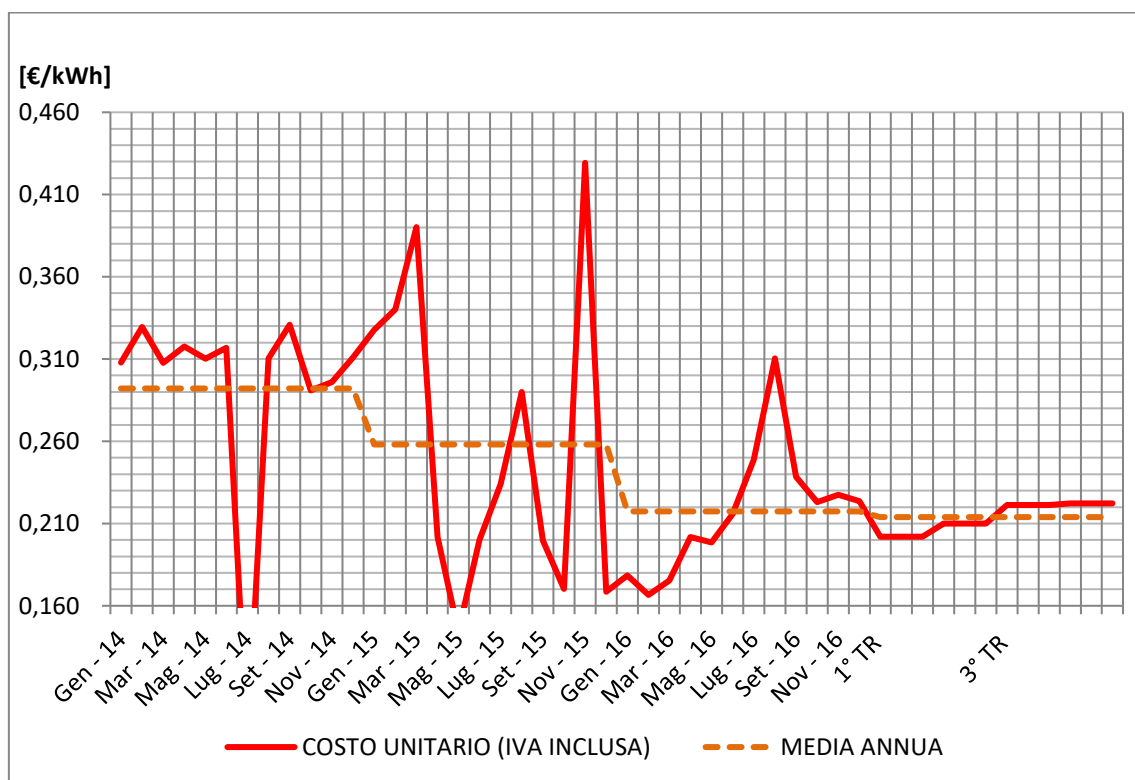
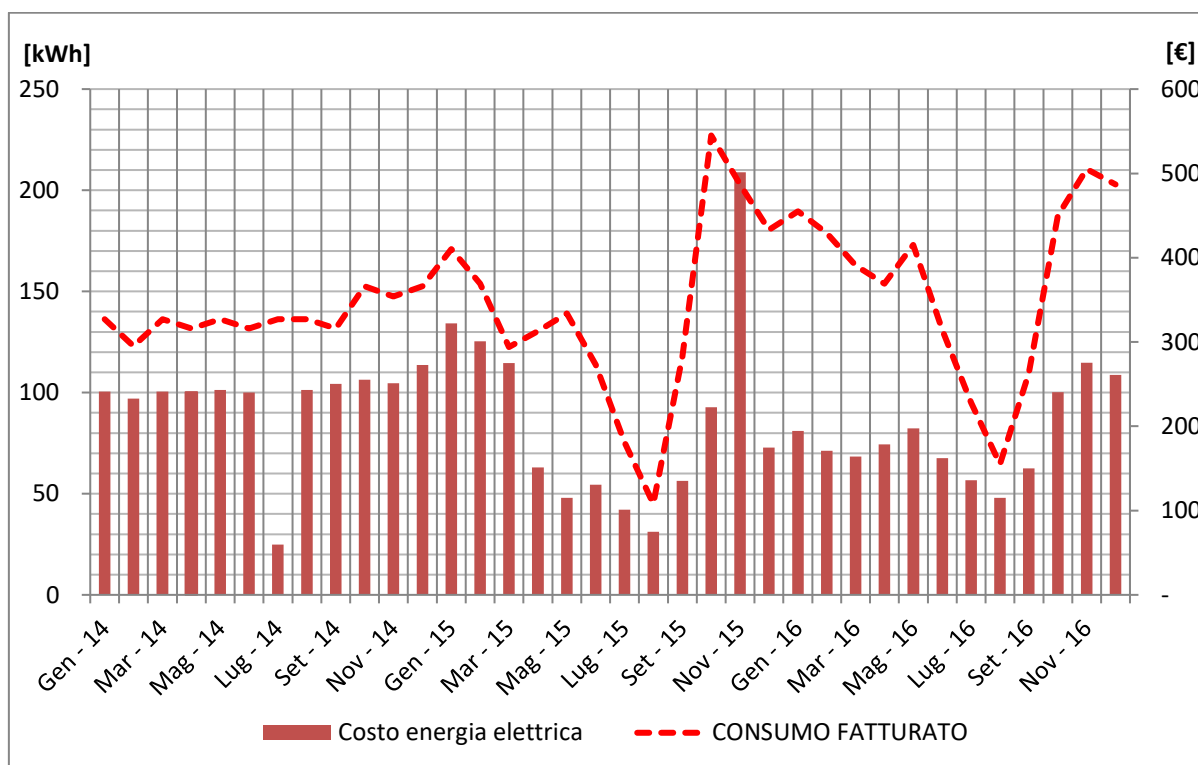


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi ha avuto un andamento costante per il periodo 2014 – 2015. Per quanto riguarda il 2016 si può notare come si sia verificato una diminuzione dei costi rispetto al consumo di energia fatturato.

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	--	--	--	3.964	1.157	0.292	1157
2015	21.129	1.388	0.066	4.030	1.046	0.259	2434
2016	30.982	2.915	0.094	4.461	938	0.210	3853
Media	26.055	2.151	0.08	4.151	1.047	0.38	2.481

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}	0.229 [€/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:

- L1-042-212: Servizio di Conduzione e manutenzione caldaia > 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 a 1.750 €.

In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$C_{MS} = 0.1 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.9 \times C_M$$

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 1.576	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 175	[€/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:

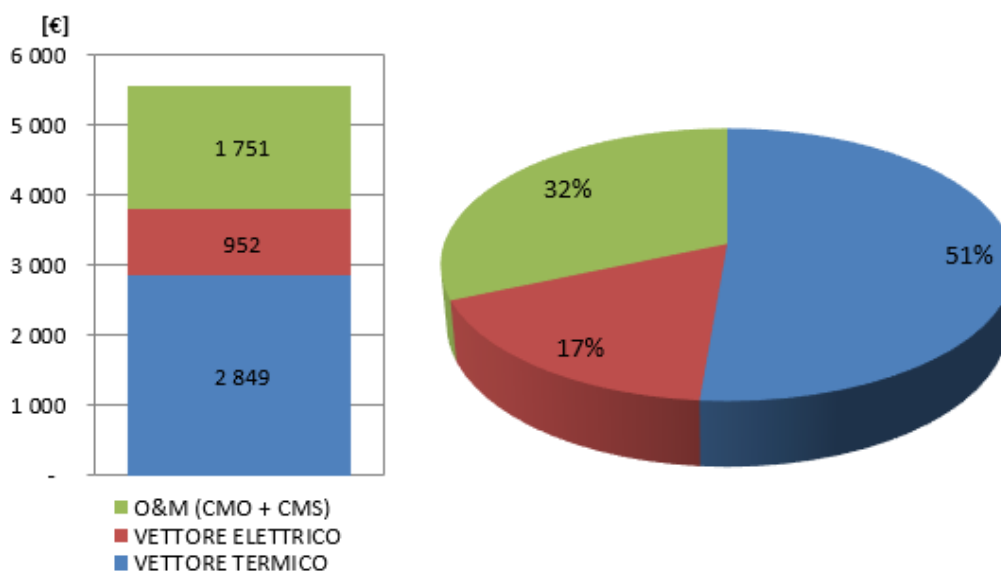
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 952 e un $C_{baseline}$ pari a € 5.327

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}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
35 427	0,080	2 849	4 152	0,229	952	1 751	1 576	175	5 552

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: riqualificazione copertura

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un isolamento termico in polistirene espanso ad alta densità (EPS, valore di conduttività pari a $0,033 \text{ W/m}^2\text{K}$) 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.

Figura 8.1 – Particolare copertura piana



Caratteristiche funzionali e tecniche

La copertura, mediante la realizzazione di un isolamento termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica pari a $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021. 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 EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – riqualificazione copertura

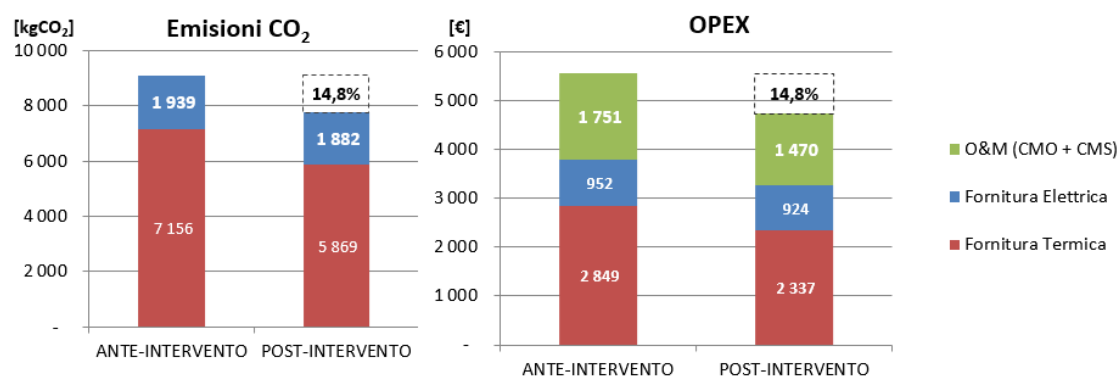
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura	W/mqK	1,43	0,26	81,8%
Q_{teorico}	[kWh]	37 252	30 615	17,8%
EE_{teorico}	[kWh]	4 330	4 272	1,3%
Q_{baseline}	[kWh]	35 427	29 056	18,0%
EE_{Baseline}	[kWh]	4 152	4 031	2,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7 156	5 869	18,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	1 939	1 882	2,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	9 095	7 752	14,8%

Fornitura Termica, C _Q	[€]	2 849	2 337	18,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	952	924	2,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	3 801	3 261	14,2%
C _{MO}	[€]	1 576	1 295	17,8%
C _{MS}	[€]	175	175	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1 751	1 470	16,0%
OPEX	[€]	5 552	4 731	14,8%
Classe energetica	[-]	G	G	0

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 il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0.08 [€/kWh] per il vettore termico e 0.229 per il vettore elettrico.

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



EEM2: riqualificazione cappotto

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un cappotto esterno in polistirene espanso additivato con grafite (valore di conduttività pari a 0,031 W/m²K) al fine di ridurre la trasmittanza termica di parete, con finitura superficiale in intonachino.

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.

Figura 8.3 – Particolare facciata



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 EEM2 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

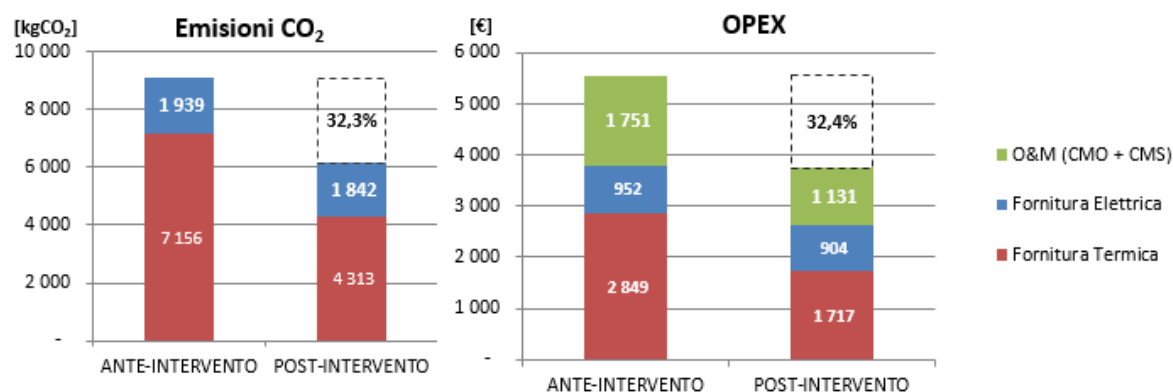
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM1 – riqualificazione copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura	W/mqK	2,71	0,32	88,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	37 252	22 589	39,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	4 330	4 202	2,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	35 427	21 351	39,7%
$EE_{baseline}$	[kWh]	4 152	3 945	5,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7 156	4 313	39,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	1 939	1 842	5,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	9 095	6 155	32,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	2 849	1 717	39,7%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	952	904	5,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	3 801	2 622	31,0%
C_{MO}	[€]	1 576	956	39,4%
C_{MS}	[€]	175	175	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	1 751	1 131	35,4%
OPEX	[€]	5 552	3 752	32,4%
Classe energetica	[-]	G	G	0

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 il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0.08 [€/kWh] per il vettore termico e 0.229 per il vettore elettrico.

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



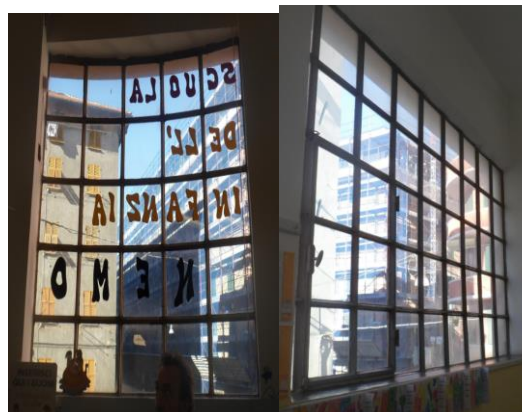
EEM3: sostituzione serramenti

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 8.5 – Particolare copertura piana



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 EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM3 – sostituzione serramenti

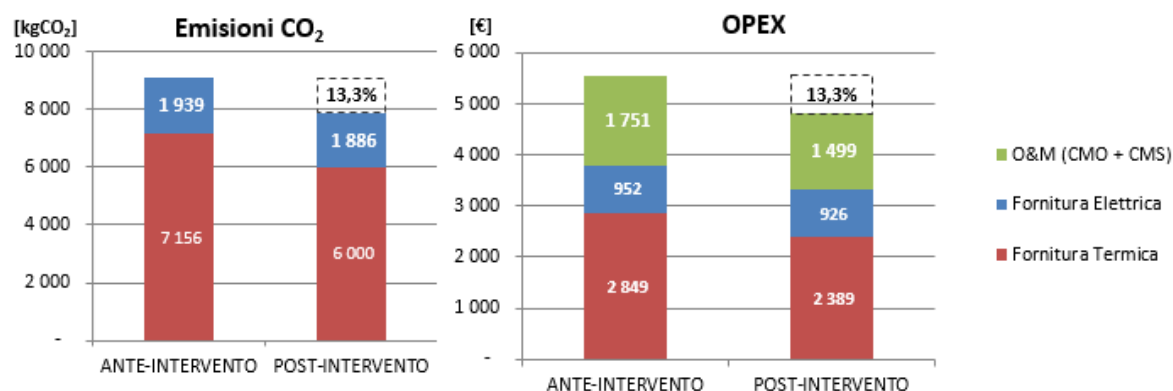
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura	W/mqK	5,13	1,8	64,9%
Q_{teorico}	[kWh]	37 252	31 288	16,0%
EE_{teorico}	[kWh]	4 330	4 278	1,2%
Q_{baseline}	[kWh]	35 427	29 701	16,2%
EE_{Baseline}	[kWh]	4 152	4 039	2,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7 156	6 000	16,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	1 939	1 886	2,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	9 095	7 886	13,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	2 849	2 389	16,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	952	926	2,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	3 801	3 315	12,8%

C _{MO}	[€]	1 576	1 324	16,0%
C _{MS}	[€]	175	175	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1 751	1 499	14,4%
OPEX	[€]	5 552	4 813	13,3%
Classe energetica	[-]	G	G	0

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 il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0.08 [€/kWh] per il vettore termico e 0.229 per il vettore elettrico.

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM4: sostituzione caldaia

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore di calore con un generatore a gas metano a condensazione. La sostituzione del generatore di calore, comporterà un miglior rendimento nella combustione del gas metano e, conseguentemente, una riduzione delle emissioni.

Figura 8.7 – Particolare caldaia



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede la riqualificazione generale della centrale termica, con la installazione di un nuovo generatore di calore a condensazione. La potenza termica del nuovo generatore viene assunta pari a quella del generatore esistente, considerando il singolo intervento, senza ulteriori interventi sull'involucro edilizio.

Descrizione dei lavori

La sostituzione del generatore di calore 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 EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.8.

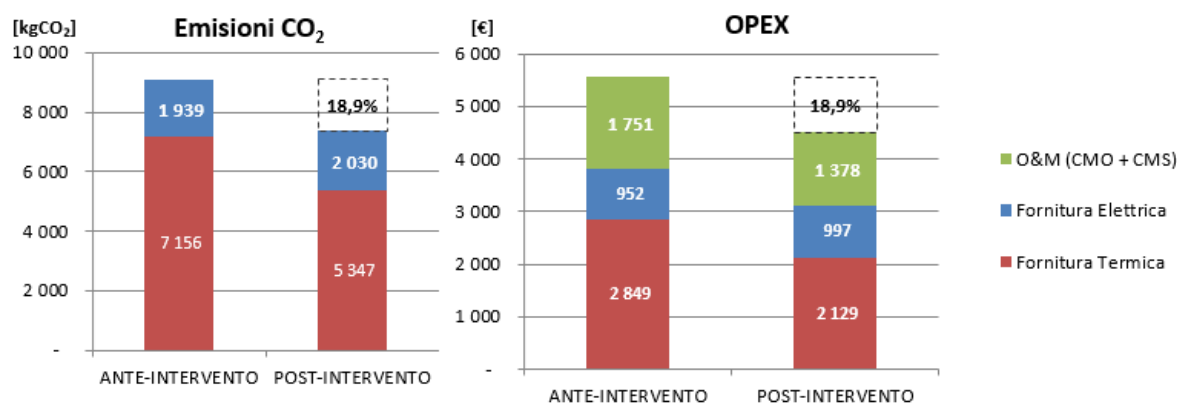
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM4 – sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura	W/mqK	0,88	1,03	17,0%
Q _{teorico}	[kWh]	37 252	28 244	24,2%
EE _{teorico}	[kWh]	4 330	4 530	-4,6%
Q _{baseline}	[kWh]	35 427	26 469	25,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	4 152	4 347	-4,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7 156	5 347	25,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	1 939	2 030	-4,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	9 095	7 377	18,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	2 849	2 129	25,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	952	997	-4,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	3 801	3 125	17,8%
C _{MO}	[€]	1 576	1 195	24,2%
C _{MS}	[€]	175	183	-4,6%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1 751	1 378	21,3%
OPEX	[€]	5 552	4 503	18,9%
Classe energetica	[-]	G	G	0

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 il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,229 per il vettore elettrico.

Figura 8.8 – 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: rifacimento copertura

Nella 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,inf} <= 35 kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 1, 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. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture</i>			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<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.</i>	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. Installazione di generatore di calore a condensazione con P_{n,im} <= 35 kWt</i>	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – rifacimento copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
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	4327,82	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 13 730,99	€ 16 751,81
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	309,13	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 230,44	€ 281,14
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	154,565	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 68,85	€ 84,00
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	0	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ -	€ -
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	0	m2	€ 7,26	€ 6,60	€ -	€ -
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	0	m2	€ 4,81	€ 4,37	€ -	€ -
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	7,72825	m2	€ 21,17	€ 19,25	€ 148,73	€ 181,46
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 compressa 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	0	m2	€ 23,79	€ 21,63	€ -	€ -
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.		309,13	m2	€ 4,80	€ 4,36	€ 1 348,93	€ 1 645,70
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 425,37	€ 518,95
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 992,53	€ 1 210,89

TOTALE (I₀)	31.367,34	6.924,22	38.261,56
Incentivi	Conto termico		€ 8 269,58
Durata incentivi			5
Incentivo annuo			€ 1 653,92

EEM2: cappotto esterno

Nella 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. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture</i>			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²	
	Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<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.</i>	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. Installazione di generatore di calore a condensazione con P_{nom} ≤ 35 kWt</i>	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nel rifacimento del cappotto esterno.

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. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture</i>			(i+ii+iii) ≤ 400.000
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<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.</i>	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. Installazione di generatore di calore a condensazione con P_{nom} ≤ 35 kWt</i>	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – rifacimento cappotto esterno

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
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	3638,8	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 11 544,92	€ 14 084,80
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	363,88	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 271,26	€ 330,93
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	181,94	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 81,05	€ 98,88
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	363,88	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 4 723,82	€ 5 763,07
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	363,88	m2	€ 7,26	€ 6,60	€ 2 401,61	€ 2 929,96
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	363,88	m2	€ 4,81	€ 4,37	€ 1 591,15	€ 1 941,20
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	0	m2	€ 21,17	€ 19,25	€ -	€ -
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	363,88	m2	€ 23,79	€ 21,63	€ 7 869,73	€ 9 601,07
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento Portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	0	m2	€ 4,80	€ 4,36	€ -	€ -
Costi per la sicurezza	-	3%	%			854,51	€ 1 042,50
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1 993,85	€ 2 432,49

TOTALE (I₀)	€ 31 332	22%	€ 38 225
Incentivi	Conto termico		€ 15 289,96
Durata incentivi			5
Incentivo annuo			€ 3 057,99

EEM3: sostituzione serramenti

Nella 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. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture</i>			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
	Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<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.</i>	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. Installazione di generatore di calore a condensazione con P_{n,mt} <= 35 kWt</i>	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.1 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		
	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

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria	27	m ²	€ 39,61	€ 972,25	€ 213,89	€ 1 186,14
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	27	m ²	€ 328,90	€ 8 073,00	1776,06	€ 9 849,06
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	20,78461	m	€ 7,59	€ 143,41	€ 31,55	€ 174,96
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	4,05	m ³	€ 11,77	€ 43,34	€ 9,53	€ 52,87
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 276,96	€ 60,93	€ 337,89
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 646,24	€ 142,17	€ 788,41
TOTALE (I₀)					€ 10 155	22%	€ 12 389
Incentivi	Conto termico						€ 4 955,73
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							991,15

EEM4: sostituzione caldaia

Nella 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. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture</i>			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<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.</i>	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. Installazione di generatore di calore a condensazione con P_{nom} ≤ 35 kWt</i>	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione caldaia.

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. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture</i>			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<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.</i>	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. Installazione di generatore di calore a condensazione con P_{n,inf} <= 35 kWt</i>	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

	<i>ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con P_{n,inf} > 35 kWt</i>	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. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C</i>	65	500 €/m ²	1.500.000
	<i>i. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F</i>	65	575 €/m ²	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	<i>i. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza</i>	40	15 €/m ²	30.000
	<i>ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led</i>	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 – sostituzione caldaia

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]		[€]
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 26 754,75	€ 24 322,50	€ 24 322,50	22%

comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 525 Kw circa								
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 232,76	€ 211,60	€ 211,60	22%	
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 701 Kw a 1300 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 614,79	€ 558,90	€ 558,90	22%	
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	15	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 288,14	22%	
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 51,75	22%	
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 109,64	22%	
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27,01	22%	
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133,40	22%	
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 69,52	22%	
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 469,23	22%	
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1 159,27	22%	
Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 429,09	22%	
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 834,90	22%	
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1 948,10	22%	
TOTALE (Ia)					€ 30 613	22%	€ 37 348	
Incentivi	Conto termico						€ 14 939,16	
Durata incentivi							5	
Incentivo annuo							€ 2 987,83	

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, l' I_0 , e il TRS.

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

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

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

EEM1: sostituzione copertura

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

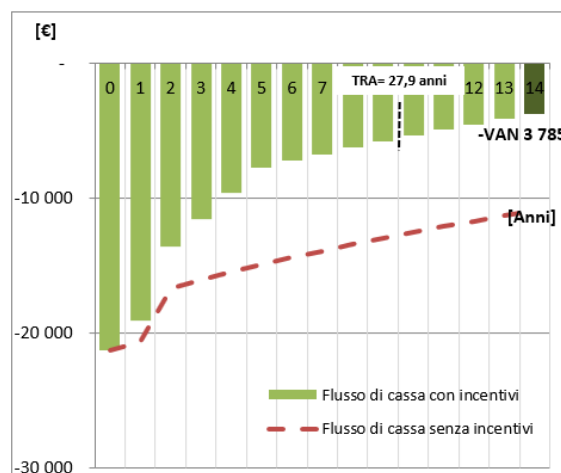
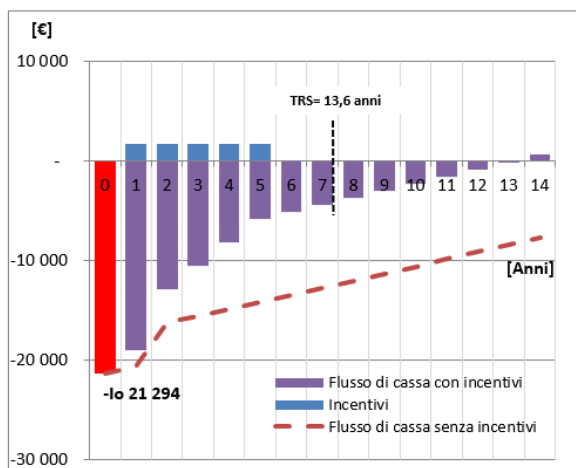
Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	20 674
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	1 654
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	24,0	13,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	44,3	27,9
Valore attuale netto	VAN	- 6 874	287
Tasso interno di rendimento	TIR	1,4%	5,2%
Indice di profitto	IP	-0,33	0,01

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 tale scenario risulta un intervento sostenibile dal punto di vista economico.

EEM2: cappotto esterno

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

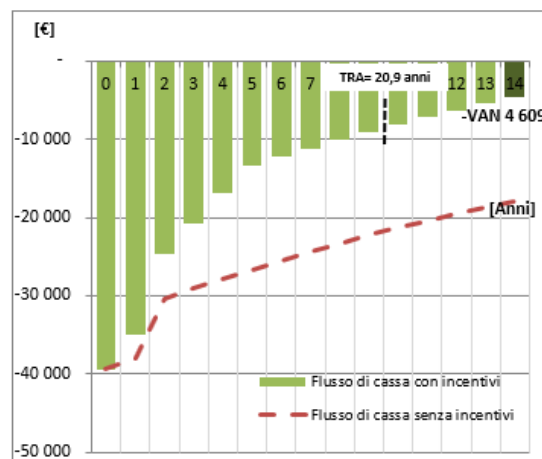
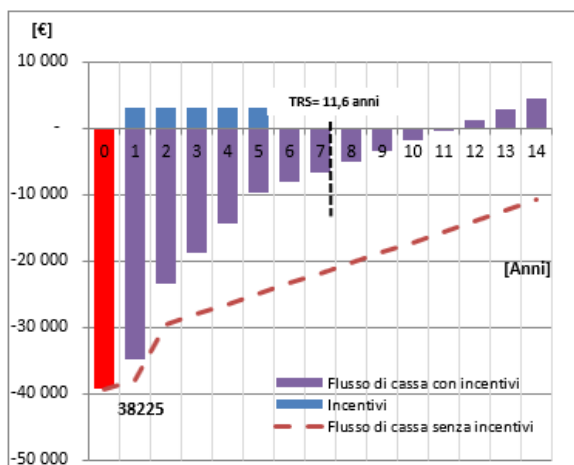
Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	Io	€ 38.225	
Oneri Finanziari %Io	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 3 058	
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	20,5	11,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	38,8	20,9
Valore attuale netto	VAN	- 8 924	4 315
Tasso interno di rendimento	TIR	2,6%	6,5%
Indice di profitto	IP	-0,23	0,11

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

Figura 9.3 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.4 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha TRS < 15 anni con incentivi, mentre senza incentivi TRS < 25 anni.

EEM3: sostituzione serramenti

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

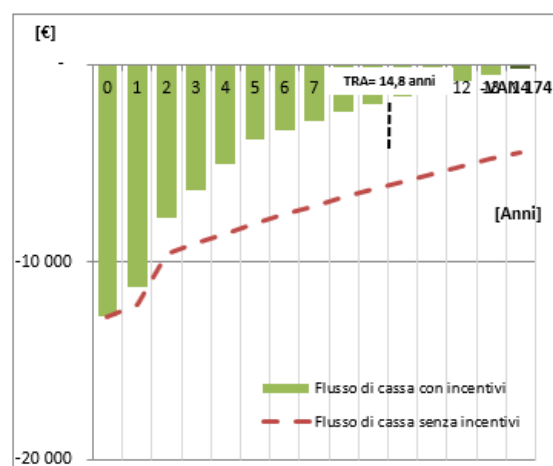
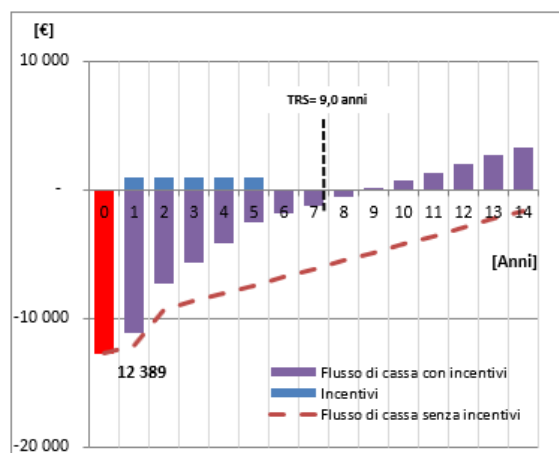
Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	12 389
Oneri Finanziari % l_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	991
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	41,4	32,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	68,4	48,3
Valore attuale netto	VAN	- 22 112	- 14 951
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,4%	-0,7%
Indice di profitto	IP	-0,58	-0,39

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

Figura 9.5 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.6 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi l'intervento risulta consigliato per tempi di ritorno non troppo elevati rispetto all'investimento (di circa 10 anni usufruendo di incentivi fiscali). Viceversa, l'intervento presenta tempi di ritorno dell'ordine dei 14 anni se effettuato senza alcun tipo di detrazione fiscale.

EEM4: sostituzione caldaia

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

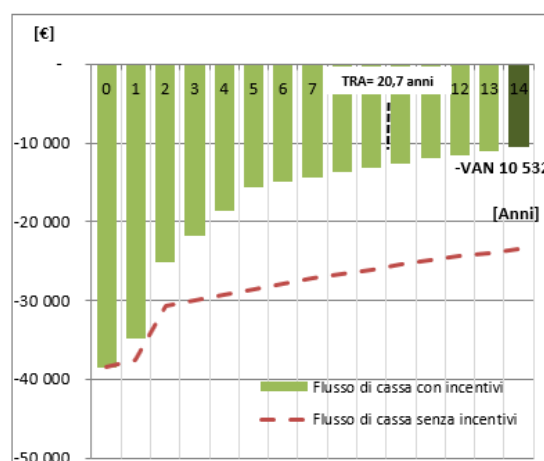
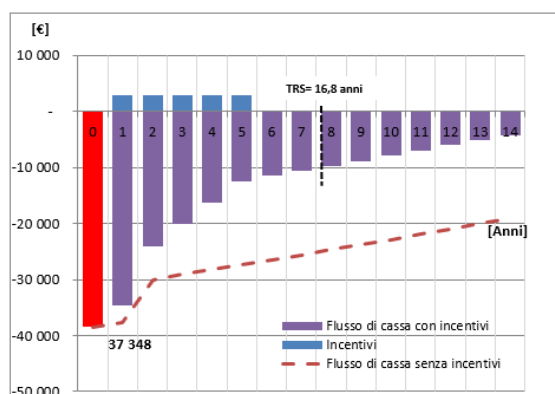
Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– caldaia

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 37 348	
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3	
Vita utile	n	15	
Incentivo annuo	B	€/anno 2 988	
Durata incentivo	n_b	5	
Tasso di attualizzazione	i	4,0%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	29,8	16,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	38,5	20,7
Valore attuale netto	VAN	- 23 468	- 10 532
Tasso interno di rendimento	TIR	-9,8%	-2,4%
Indice di profitto	IP	-0,63	-0,28

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

Figura 9.7 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi Figura 9.8 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e

senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la sostituzione dell'impianto può essere un intervento consigliato in quanto il TRS inferiore a 15 anni. Tuttavia sarebbe opportuno approfondire questo tipo di analisi: l'impianto risulta obsoleto, ma l'immobile non risultava in stato critico dal punto di vista termico. Si potrebbe ovviare valutando la sostituzione dei dispositivi di emissione (radiatori) e inserire un sistema di regolazione delle temperature per singolo ambiente.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.9 e Dall'analisi dei risultati emerge che degli interventi analizzati risultano con TRS < 25 anni gli EEM2 e EEM3, facilmente realizzabili senza incentivi fiscali, tuttavia presentano VAN negativo.

Tabella 9.10.

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

	SENZA INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	14.2	14.8	540	280.8	0	20.674	24	44	30	-6.874	1.4	-0.33
EEM 2	31	32.3	1.179	620.3	0	38.225	20.5	38.8	30	-8.924	2.6	-0.23
EEM 3	12.8	13.3	486.4	252.3	0	12.389	16.5	32	30	-800	4.4	-0.06
EEM 4	17.8	18.9	675.7	381.0	-8.1	37.348	29.8	38.5	15	-23.468	-9.8	-0.63

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

- % ΔE è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % ΔCO_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 degli interventi analizzati risultano con TRS < 25 anni gli EEM2 e EEM3, facilmente realizzabili senza incentivi fiscali, tuttavia presentano VAN negativo.

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

	CON INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	14.2	14.8	540	280.8	0	20.674	13.6	27.9	30	287	5.2	0.01
EEM 2	31	32.3	1.179	620.3	0	38.225	11.6	20.9	30	4.315	6.5	0.11
EEM 3	12.8	13.3	486.4	252.3	0	12.389	9	14.8	30	3.491	8.4	0.28
EEM 4	17.8	18.9	675.7	381.0	-8.1	37.348	16.8	20.7	15	-10.532	-2.4	-0.28

Dall’analisi dei risultati emerge che degli interventi analizzati risultano con TRS < 15 anni e VAN positivo gli EEM1, EEM2, EEM3 e EEM4 TRS < 25 anni ma VAN negativo.

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

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

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell’equity, ossia il rendimento atteso dall’investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l’Equity, pari a 20% di I_0

- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinate all’istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l’applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

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

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

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

- **Scenario 1: 15 anni:** Tale scenario consiste nel rifacimento della copertura, coibentazione esterna involucro opaco
- **Scenario 2: 25 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di rifacimento copertura, coibentazione esterna involucro opaco e rifacimento caldaia.

9.3.1 Scenario 1: 15 anni

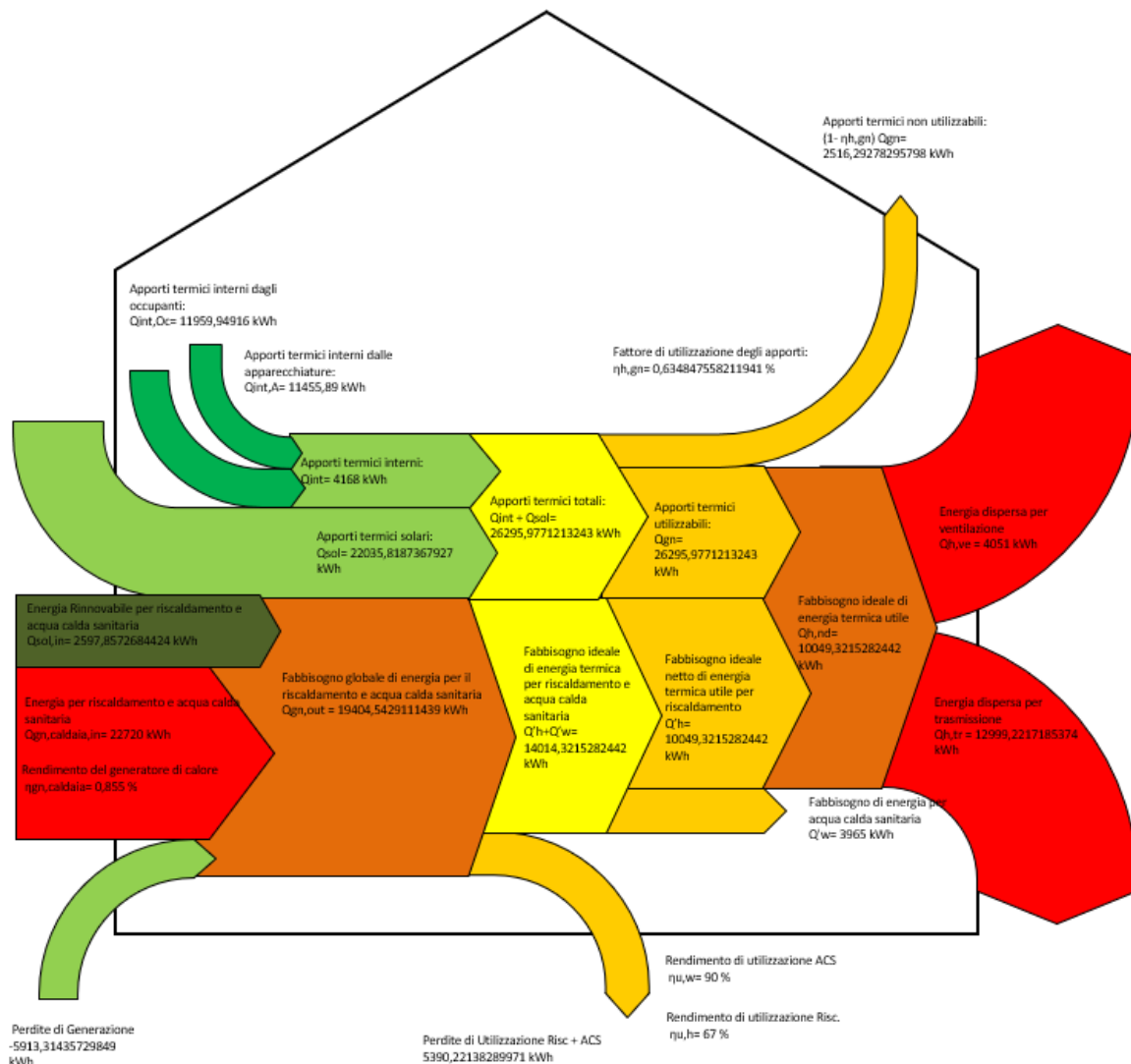
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	15.528	4.834	20.362
EEM2 Fornitura & Posa	28.483	6.266	34.483
Costi per la sicurezza	1.279	281	1.561
Costi per la progettazione	2.986	657	3.643
TOTALE (I₀)	48.276	7.208	55.484
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM O&M	695	175	870
TOTALE (C_M)	695	175	870
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	38.498	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		7.699	

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.

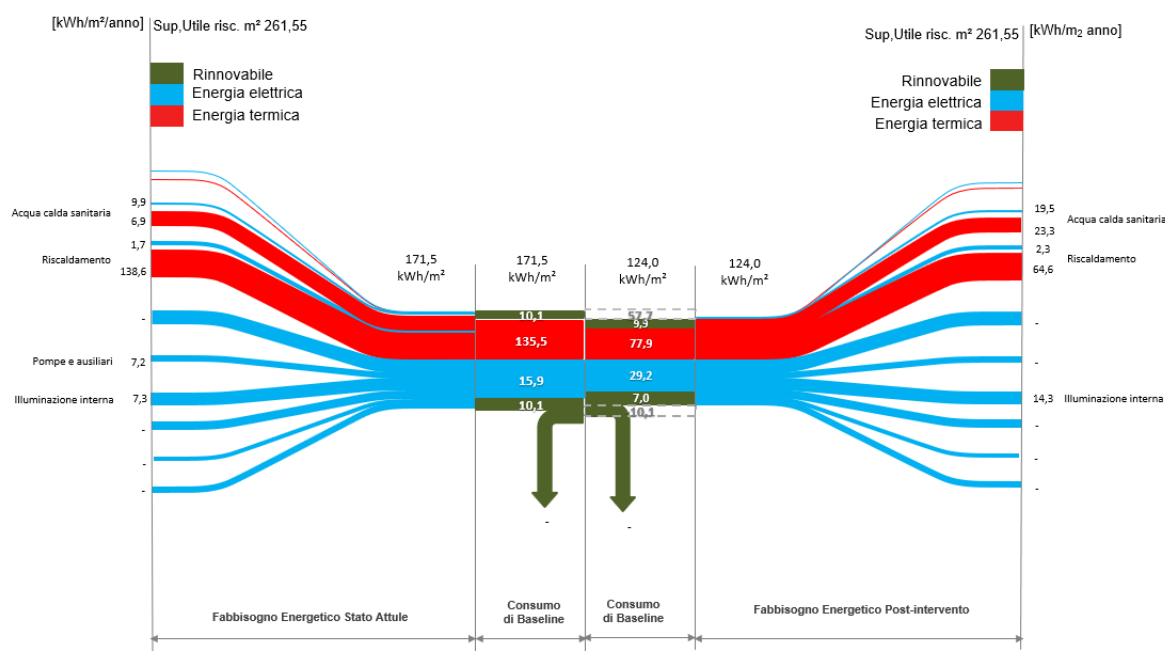
Figura 9.9 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



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



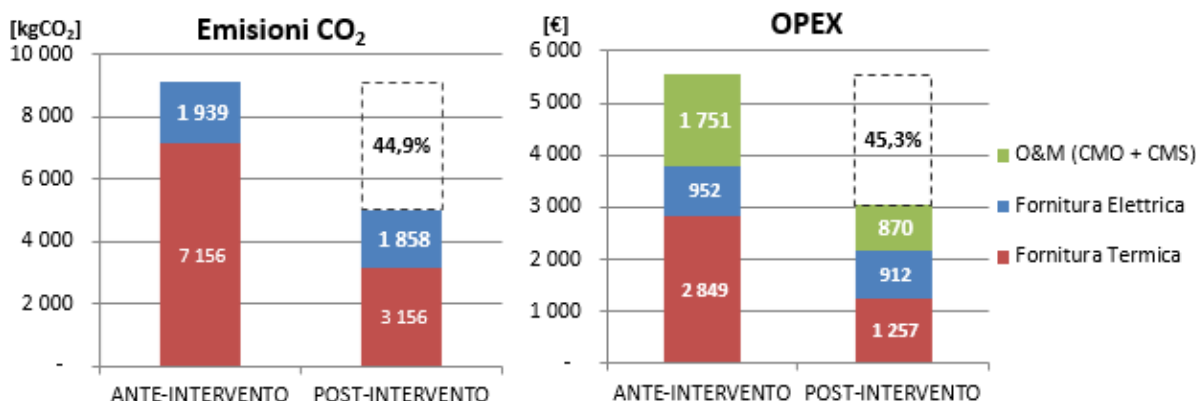
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – 15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [trasmissione]	[W/m²K]	1,43	0,24	83,2%
EM2 [trasmissione]	[W/m²K]	2,71	0,32	88,2%
Q _{teorico}	[kWh]	37 252	16 430	55,9%
EE _{teorico}	[kWh]	4 330	4 149	4,2%
Q _{baseline}	[kWh]	35 427	15 625	55,9%
EE _{baseline}	[kWh]	4 152	3 978	4,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7 156	3 156	55,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	1 939	1 858	4,2%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	9 095	5 014	44,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	2 849	1 257	55,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	952	912	4,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	3 801	2 169	42,9%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	1 576	695	55,9%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	175	175	0,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	1 751	870	50,3%
OPEX	[€]	5 552	3 039	45,3%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 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 il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0.229 per il 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 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– 15 anni

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	€ 58 899
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1 767
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 60 666
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 48 533
Equity	I_E	€ 12 133
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 5 846
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 58 460
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 9 928

Tabella 9.14 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 3 801
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 1 751
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 5 552
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	42,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	50,3%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 2 272
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 278
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 13 596
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 3 005
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	-14,01%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€ 607
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 709
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1 892
Canone O&M €/anno	CnM	€ 904
Canone Energia €/anno	CnE	€ 2 377
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 3 280
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 1 994
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 5 274
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 10 621
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_b	€ 23 559
Durata Incentivi, anni	n_b	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.15 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	14,19
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	23,78
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 9 002
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	0,48%
Indice di Profitto	IP	-15,28%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	19,79
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	28,59
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 7 218
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	-15,35%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,929
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,740
Indice di Profitto Azionista	IP	-12,26%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

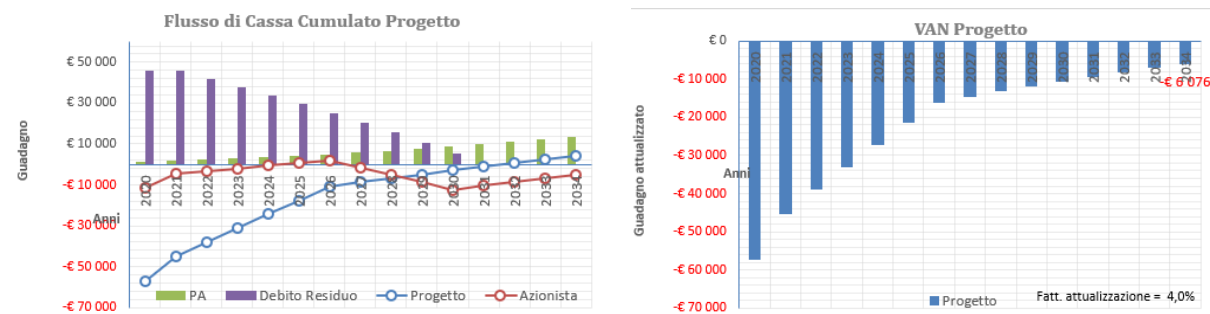
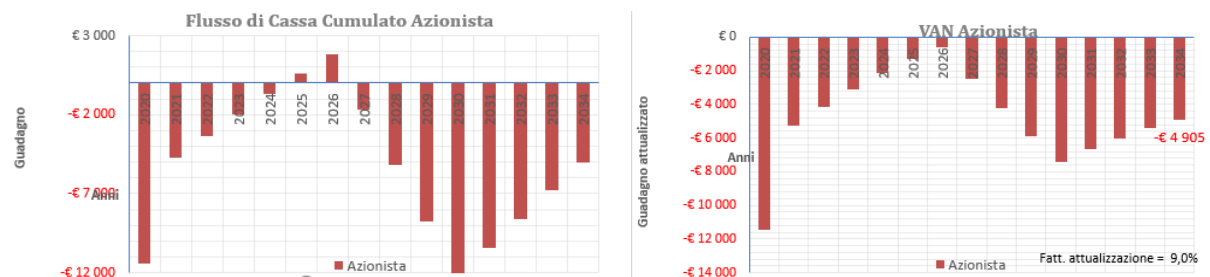


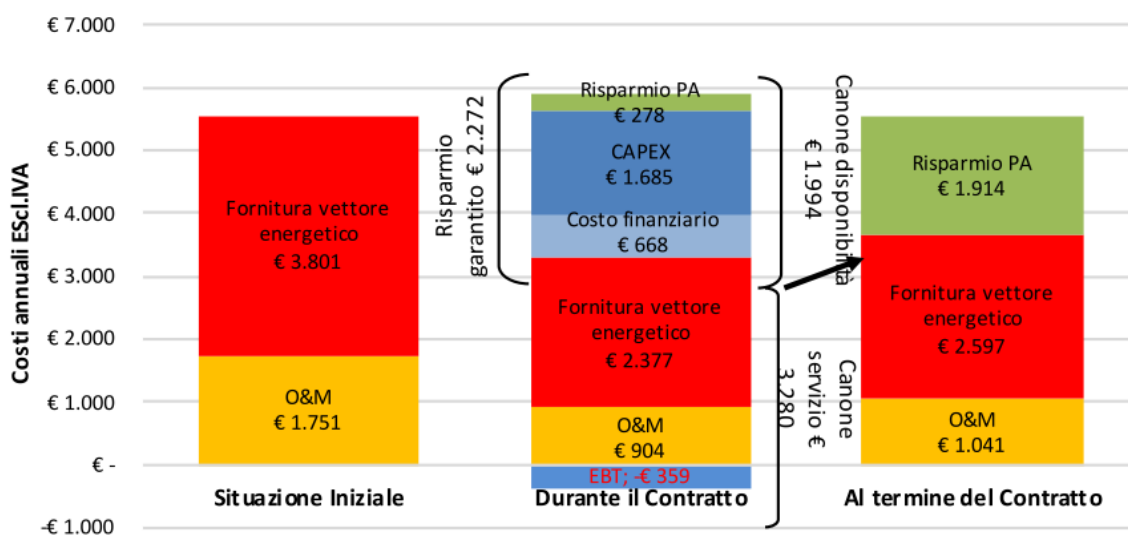
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta non conveniente.

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

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: 25 anni

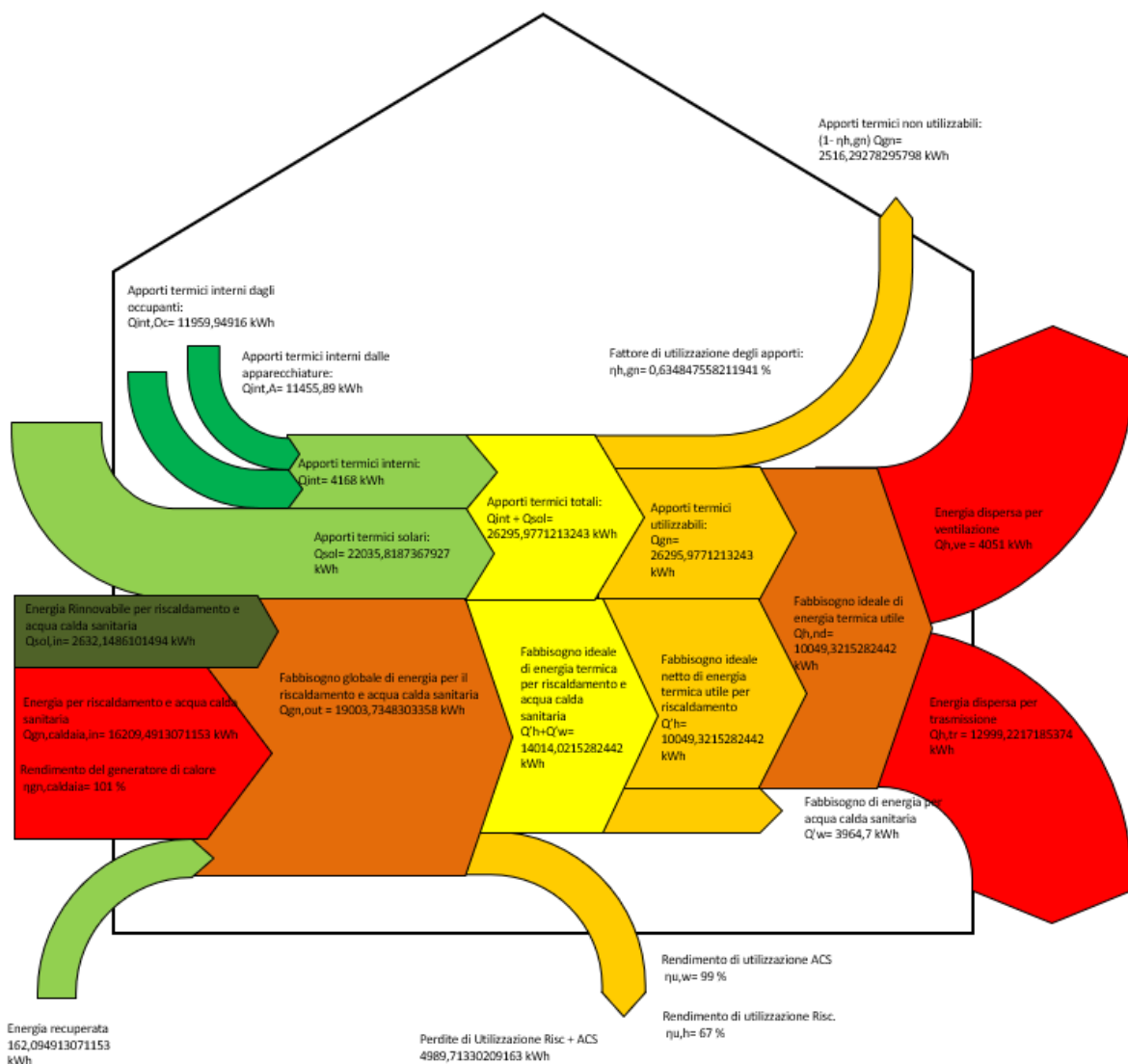
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa - copertura	15.528	4.834	20.362
EEM2 Fornitura & Posa – involucro	28.483	6.226	34.750
EEM3 Fornitura & Posa – impianto risc	27.830	6.122	33.953
Costi per la sicurezza	2.114	465	2.580
Costi per la progettazione	4.934	1.085	6.020
TOTALE (I₀)	78.889	18.732	97.621
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	598	173	771
TOTALE (C_M)	598	173	771
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	38.497	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		7.699	

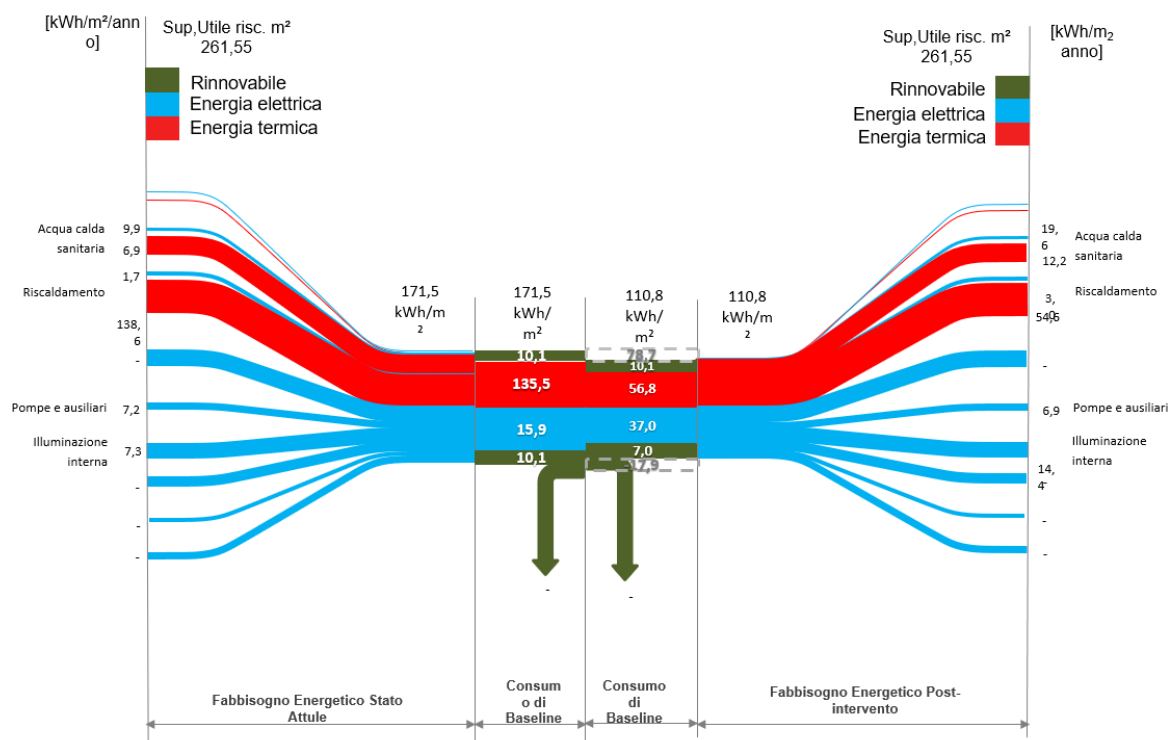
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



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

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



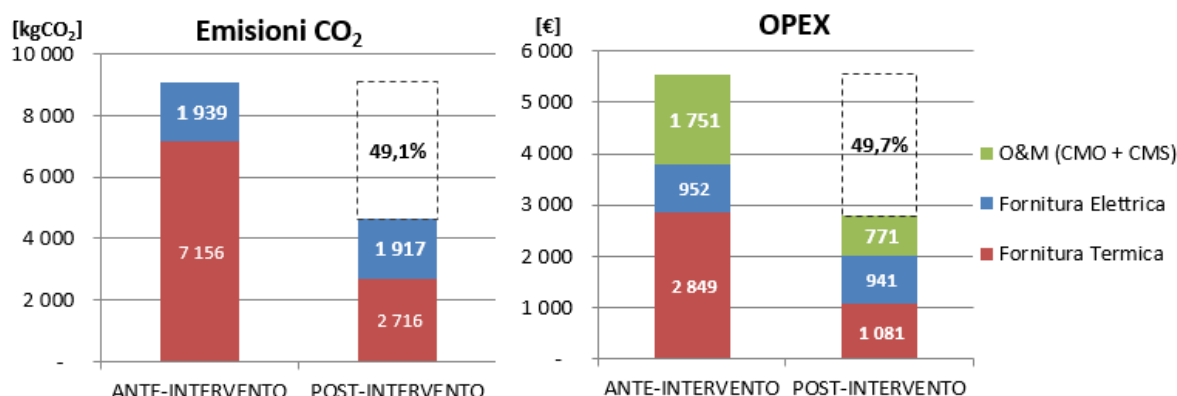
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – 25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [trasmittanza]	[W/m²K]	1,43	0,24	83,2%
EM2 [trasmittanza]	[W/m²K]	2,71	0,32	88,2%
EM3 [rendimento al generatore]	%	0,88	1,03	-17,0%
Q _{teorico}	[kWh]	37 252	14 139	62,0%
EE _{teorico}	[kWh]	4 330	4 282	1,1%
Q _{baseline}	[kWh]	35 427	13 446	62,0%
EE _{baseline}	[kWh]	4 152	4 105	1,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7 156	2 716	62,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	1 939	1 917	1,1%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	9 095	4 633	49,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	2 849	1 081	62,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	952	941	1,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	3 801	2 023	46,8%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	1 576	598	62,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	175	173	1,1%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	1 751	771	56,0%
OPEX	[€]	5 552	2 794	49,7%
Classe energetica	[-]	G	F	+1classi

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 il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0.229 per il vettore elettrico.

Figura 9.17 - 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 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– 25 anni

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 97 621
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2 929
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 100 550
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 80 440
Equity	I_E	€ 20 110
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 9 689
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 96 894
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 16 454

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	3 801
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	1 751
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	5 552
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		46,8%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		56,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2 375
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	278
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	31 537
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	3 721
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		-10,50%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	440
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	686
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1 852
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	820
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	2 356
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	3 177
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	2 098
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	5 274
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	17 604
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	38 498
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.20 – 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.		21,64
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		51,63
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€	17 776
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		0,82%
Indice di Profitto	IP		-18,21%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		31,17
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		104,09
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€	17 109
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		-2,96%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		0,826
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		0,860
Indice di Profitto Azionista	IP		-17,53%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

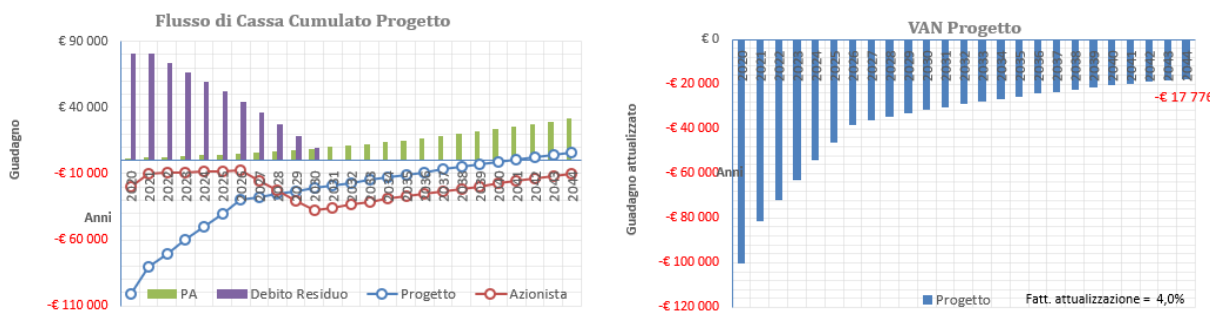


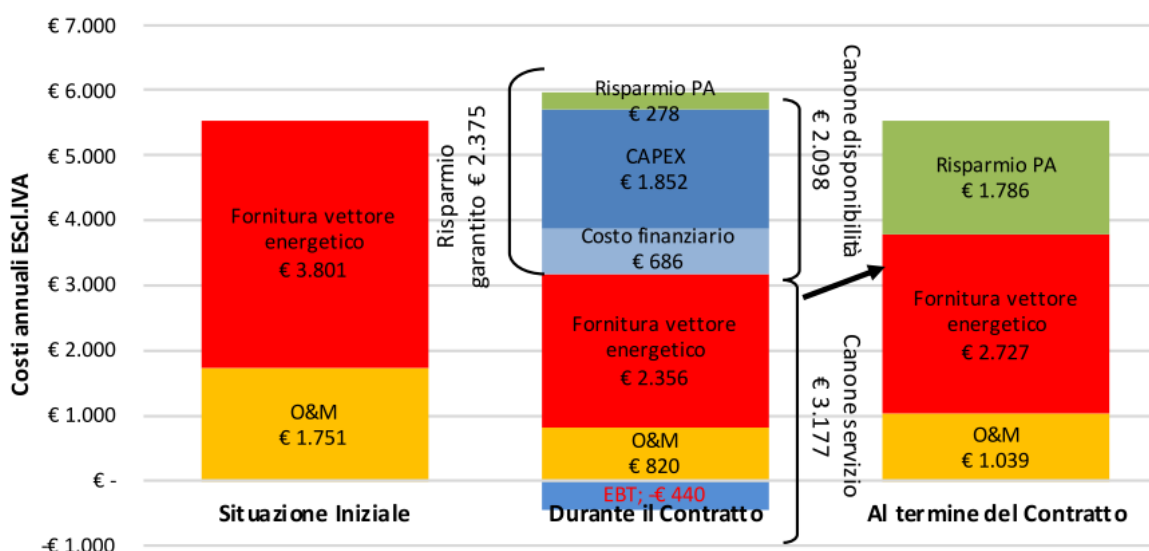
Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta non conveniente sia per TRS > 25 anni sia perché VAN negativo.

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

Figura 9.20 – Scenario 2: 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	511.30	493.23
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	426.43	424.83
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	48.91	39.41
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	35.96	28.98
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	109.7	105.85

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	250.37	232.29
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	164.5	162.90
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	48.91	39.41
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	35.96	28.98
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	59	55.05

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

- EEM1 – rifacimento copertura
 - EEM2 – cappotto esterno involucro opaco
 - EEM3 – sostituzione serramenti
 - EEM4 - riqualificazione impianto riscaldamento.
- Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi:

	SENZA INCENTIVI											
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	14.2	14.8	540	280.8	0	20.674	24	44.3	30	-6.874	1.4	-0.33
EEM 2	31	32.3	1.179	620.3	0	38.225	20.5	38.8	30	-8.924	2.6	-0.23
EEM 3	12.8	13.3	486.4	252.3	0	12.389	16.5	32	30	-800	4.4	-0.06
EEM 4	17.8	18.9	675.7	381.0	-8.1	37.348	29.8	38.5	15	-23.468	-9.8	-0.63

- Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi:

CON INCENTIVI												
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	14.2	14.8	540	280.8	0	20.674	13.6	27.9	30	287	5.2	0.01
EEM 2	31	32.3	1.179	620.3	0	38.225	11.6	20.9	30	4.315	6.5	0.11
EEM 3	12.8	13.3	486.4	252.3	0	12.389	9	14.8	30	3.491	8.4	0.28
EEM 4	17.8	18.9	675.7	381.0	-8.1	37.348	16.8	20.7	15	-10.532	-2.4	-0.28

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi EEM1, EEM 2 e EEM 3 presentano VAN positivo e TRS ridotti (< 15 anni) a seguito degli incentivi fiscali: interventi consigliati. La sostituzione della caldaia risulta poco consigliata se si pensa a tempi di ritorno < 15 anni, ma consigliata per tempi di ritorno maggiori.

Il rifacimento della copertura risulta intervento sconsigliato.

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

- SCN1 - Rifacimento copertura, cappotto esterno involucro opaco
- SCN2 – Rifacimento copertura, cappotto esterno involucro opaco e impianto riscaldamento.

Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento sull'involucro opaco e rifacimento copertura - SCN1 - ha tempi di ritorno superiori a 15 anni e VAN negativo. L'intervento si ritiene non consigliato.

Infine, dall'analisi effettuata su SCN2 è emerso che l'intervento dal punto di vista economico presenta tempi di ritorno elevati rispetto alla tipologia di intervento. Il VAN è sempre negativo. Poco consigliabile.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'immobile oggetto di analisi si presenta come un edificio con necessità di interventi principalmente sulla parte termica – in particolar modo murature e copertura piana. I tempi di ritorno sono < 10 anni: intervento consigliato.

L'impianto di riscaldamento è di tipo tradizionale e la caldaia ha oltre 15 anni. Tuttavia, per la tipologia di immobile (piccolo e su un unico livello), la sostituzione del generatore di calore non risulta la prima soluzione di intervento indicata poiché i tempi di ritorno sono maggiori della vita utile dell'utenza.

Le utenze elettriche sono poche – principalmente neon da 36 W o 58 W. Non è stata analizzata la loro sostituzione perché poco utile vista la tipologia e dimensioni edificio.

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	E00971.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIANC.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	212-P00-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-212-P00.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-212-P01.dwg
Planimetrie termici - check list	27/11/2017	L1-042-212-P00-Checklist
Planimetrie termici - check list	27/11/2017	L1-042-212-P01-Checklist

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Individuazione posizione impianto	Individuazione posizione impianto	26/07/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato B - POSIZIONE IMPIANTO
Estratto di mappa	Estratto di mappa	23/07/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato B - DOC_1167664259
Visure catastali	Visure catastali	30/07/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato B - DOC_1169224177
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	31/07/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato B - foto 1
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	31/07/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato B - foto 2
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-E971_rev.01 - Allegato B - L1-042-212-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	16/11/2017	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato B - L1-042-212-P01.dwg
Schema a blocchi elettrico	Schema a blocchi elettrico	26/07/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato B - schema a blocchi elettrico
Schema a blocchi impianto termico	Schema a blocchi impianto termico	23/07/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato B - Schema a blocchi impianto termico

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	03/08/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - 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-E971_rev.01 - Allegato D - REPORT INDAGINI DIAGNOSTICHE

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Ponti termici di dettaglio stato di fatto	26/01/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E971
Raccolta dati stato rilievo	09/02/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato E - Raccolta Dati E971
Schema energetico	01/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato E - Schema energetico - E971
Serramenti di dettaglio stato di fatto	26/01/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato E - Serramenti E971
Stratigrafie di dettaglio stato di fatto	26/01/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E971

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	03/07/2017	DE_Lotto.7-E971_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-E971_rev.01 ALLEGATO G - 23151_2018_732

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE scenari sostituzione generatore	14/06/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 ALLEGATO H - E971 - CALDAIA
Bozza APE scenari cappotto esterno	14/06/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 ALLEGATO H - INVOLUCRO
Bozza APE scenari copertura	14/06/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 ALLEGATO H - COPERTURA
Bozza APE scenari sostituzione serramenti	14/06/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 ALLEGATO H - SERRAMENTI

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati Climatici	03/08/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 ALLEGATO I - GG_Lotto.7-E971.Rev01

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 0.Indice
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 01.Dati generali
Schede di Audit	21/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 2. Dati storici
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 03. Geometria
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 04.Involucro
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 05.Impianto
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 06. Sistema imp. riscaldamento
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 07. Sistema imp. prod. ACS
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 08. Sistema imp. ventil. mecc.
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 09. Sistema impianto solare
Schede di Audit	21/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 10. Sistema di illuminazione
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 11. Altri servizi
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 12. Profili di funzionamento
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 13. Benessere termoigrometrico
Schede di Audit	16/03/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato J - 14. Valutaz. prelim. interventi

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	03/08/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 ALLEGATO K - Scheda ore

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	25/08/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato M - Benchmark_Rev02.doc

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	25/08/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato M - Benchmark_Rev02.doc
Report di Benchmark	04/08/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato M - Lotto.7_Benchmark_Rev02.pdf
Report di Benchmark	25/07/2018	DE_Lotto.7-E971_rev.01 - Allegato M - Lotto.7_Benchmark_Rev03.xls



ALLEGATO N – CD-ROM

