

SCUOLA ELEMENTARE “MANFREDI” E SCUOLA MATERNA STATALE “VIA SOMMA”

E.54

VIA DONATO SOMMA N. 73

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



SCUOLA ELEMENTARE “MANFREDI” E SCUOLA MATERNA STATALE “VIA SOMMA”

E.54

VIA DONATO SOMMA N. 73

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/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

Environment Park.S.p.A

via Livorno n.60 – 10144 Torino - Italia

Tel: 011 2257536 – stefano.dotta@envipark.com

**REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI**

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	15/05/2018	Sergio Ravera	Sergio Ravera	Stefano Dotta	Prima Pubblicazione
		Stefano Dotta	Daniela Di Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			
B	27/07/2018	Sergio Ravera	Sergio Ravera	Stefano Dotta	Ultima Pubblicazione
		Stefano Dotta	Daniela Di Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
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.....	38
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 <i>Vettore termico</i>	42
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	48
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	51
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	51
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	52



8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	54
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	54
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	54
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	57
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	60
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	60
8.1.5	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	62
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	64
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	64
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	69
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	78
9.3.1	<i>Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni</i>	80
9.3.2	<i>Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni</i>	86
10	CONCLUSIONI	92
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	92
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	92
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	94
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	1



EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1954
Anno di ristrutturazione		nn
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		[E.7 (Edifici Scolastici a tutti i livelli ed assimilabili)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.308,78
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.743,26
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	6.734,50
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.571,29
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	805,27
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.376,56
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	230
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[-]
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici e caldaia murale a gas
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	43.6
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	89606
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	7.410
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	20.452
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	4.370

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento a cappotto in EPS grigio con grafite sp=12cm
- EEM 2: Coibentazione copertura calpestabile con polistirene xps ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm
- EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 4: Installazione di sistemi di illuminazione a LED
- EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore
- EEM 6: Installazione impianto fotovoltaico
- SCN1: Coibentazione copertura piana, Installazione di sistemi di termoregolazione, Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led, Installazione di un nuovo generatore di calore
- SCN2: Coibentazione copertura piana, Installazione di sistemi di termoregolazione, Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led, Installazione di un nuovo generatore di calore, Installazione impianto fotovoltaico



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

	CON INCENTIVI													
	%ΔE	%ΔCO2	ΔCE	ΔCMO	ΔCMS	I ₀	n	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	23,8	24,8	2.807	0	0	-109.894	30	19,5	33	10.236<0	2,7	-0,09	n/a	n/a
EEM 2	11,5	12	1.355	0	0	34.011	30	12,8	20,8	4.718	5,7	0,14	n/a	n/a
EEM 3	2,2	2,3	257	0	0	-6.479	15	22,7	28,6	-3.173<0	-6	-0,49	n/a	n/a
EMM 4	10,9	10,1	1.280	0	0	-46.578	8	11	12,4	17.027<0	-9,8	-0,37	n/a	n/a
EMM 5	2,5	2,6	296,8	3.216	855	-18.631	15	3,2	3,5	29.932>0	26,7	1,60	n/a	n/a
EMM 6	31,3	29,3	2.602	3.216	855	-33.104	20	5,2	5,9	48.446>0	18,4	1,46	n/a	n/a
SCN 1	27,5	27,5	2.522*	3.216*	855*	-104.055	-	8,9	13,7	2.566>0	4,5	0,02	1,06	0,90
SCN 2	52	50,7	4.779*	3.216*	855*	-137.160	-	10,6	15,7	29.592>0	6,8	0,22	1	1,48

*secondo il documento di F.A.Q. quesito 35 nelle analisi economiche e finanziarie degli scenari i risparmi economici sono considerati al netto dell'IVA

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

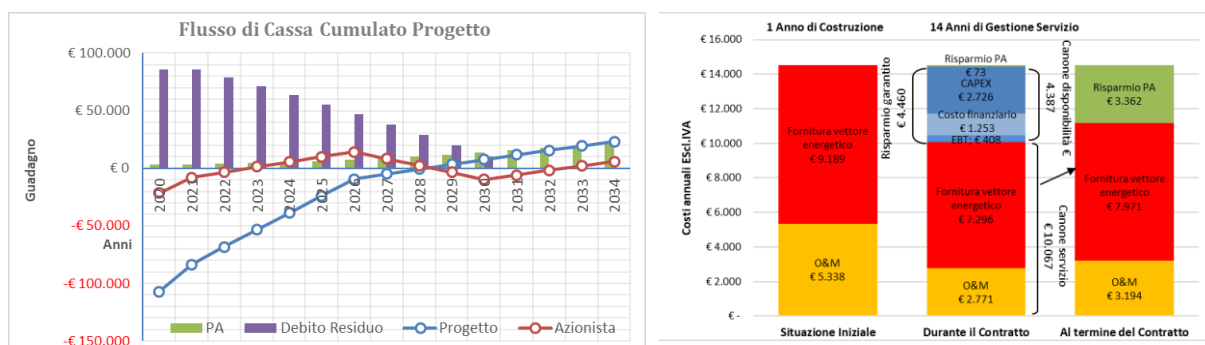
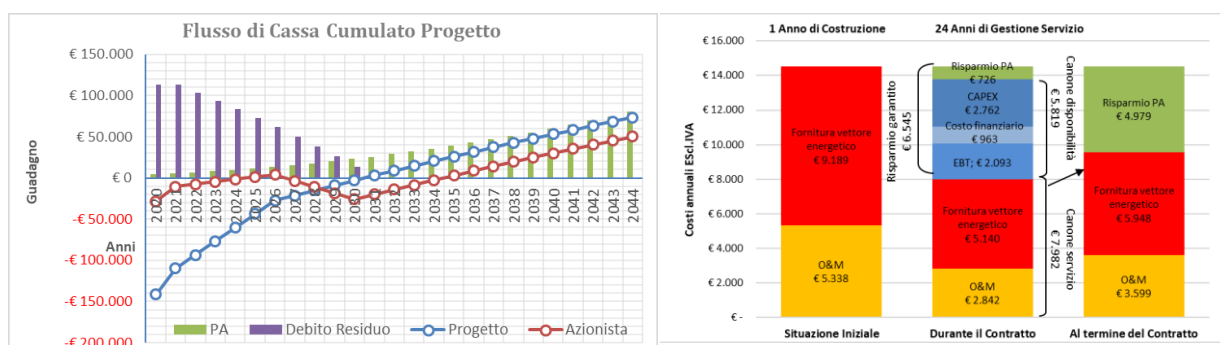


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a sud



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 Environment Park S.p.A, il cui responsabile per il processo di audit è l'Arch. Stefano Dotta, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

Compilare la tabella con i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di audit specificando la relativa attività svolta

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Sergio Ravera		Sopralluogo in sito
Mauro Cornaglia, Vincenzo Cuzzola		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Sergio Ravera		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Sergio Ravera	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Daniela Di Fazio	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Dotta	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU a seguito dei controlli effettuati dalla società di Audit è risultato avere le seguenti coordinate catastali: Sezione 10 (sul file Kyoto è indicato "L") F. 8 Mapp. 274 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere di Nervi.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Elementare e 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		1.954
Anno di ristrutturazione		nn
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		[E.7 (Edifici Scolastici a tutti i livelli ed assimilabili)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.308,78
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.743,26
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	6.734,70
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.349,51
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.571,29

Superficie lorda aree esterne	[m ²]	805,27
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.376,56
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	230
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[-]
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici e caldaia murale a gas
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	43.6
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tt} /anno]	89606
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	7.410
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	20.452
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	4.370

Nota (1): Valori di Baseline

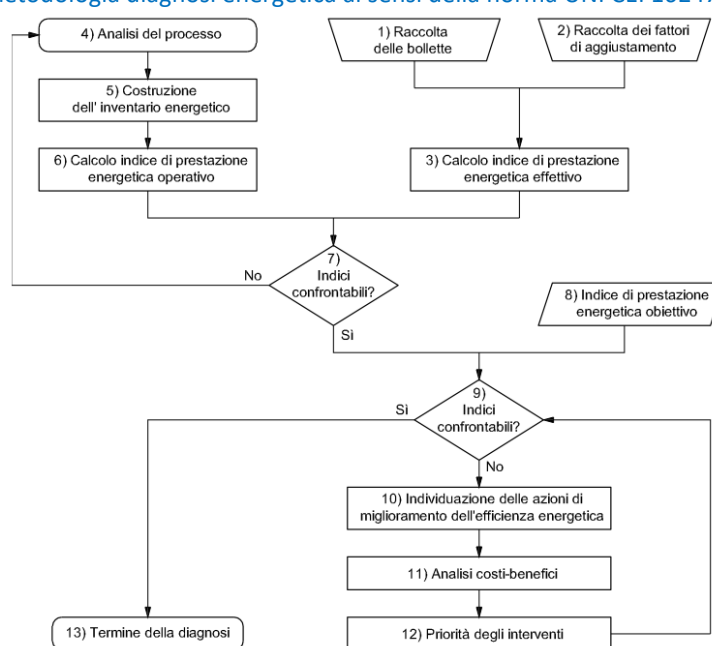
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 12/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assista, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale EDILCLIMA Versione EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Certificato CTI N.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo ubicata presso Genova Sant'Ilario e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

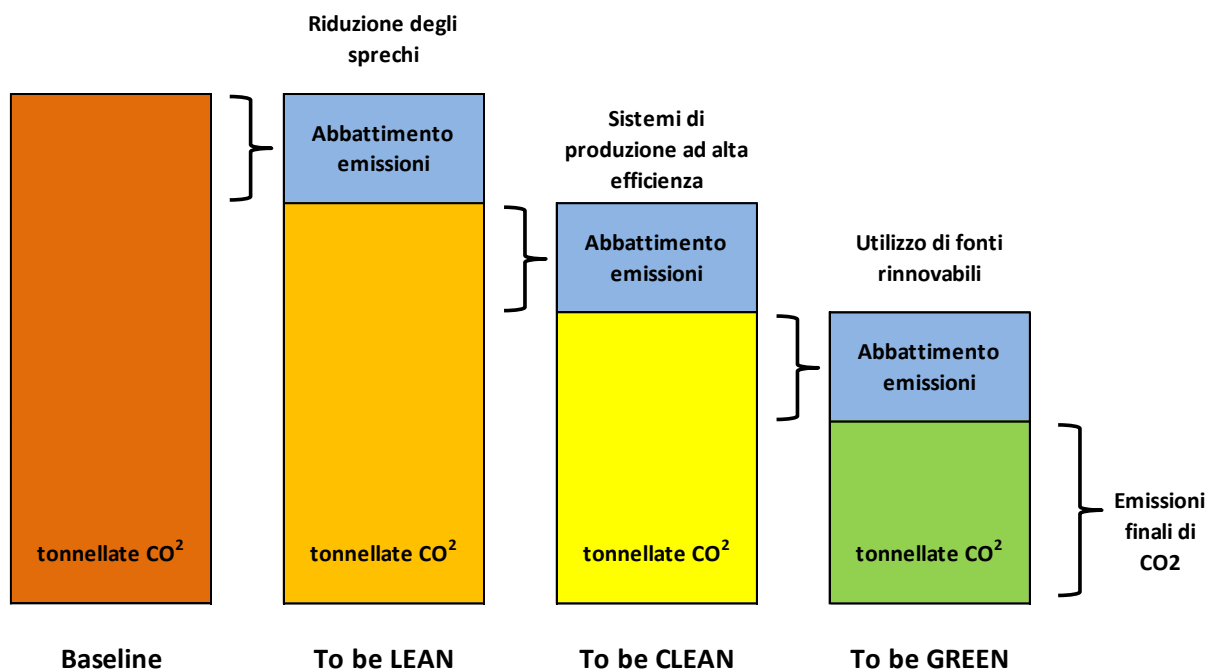
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.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

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



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

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



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

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

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

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

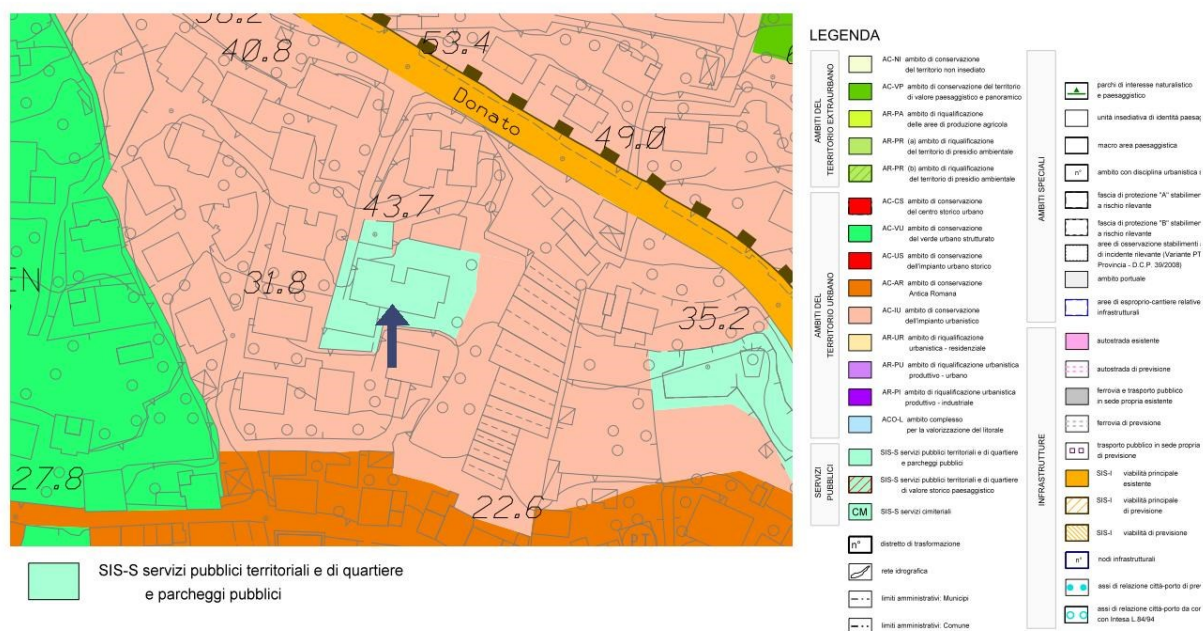
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 ambito che disciplina destinazioni d'uso quali: servizi pubblici e parcheggi pubblici. Tra le attività complementari disciplina anche le zone di connettività urbana funzionali per la riqualificazione e conservazione e parcheggi privati pertinenziali o liberi da asseveramento.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio è stato costruito nel 1954 e viene utilizzato per le attività di scolarizzazione della Scuola Elementare “Manfredi” e della Scuola Materna Statale “via Somma”; ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.

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

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

Si ritiene che la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai visitatori e la salvaguardia dei beni esposti all'interno del museo, nonché alla corretta manutenzione dell'edificio, al fine di preservarlo al meglio in quanto bene di interesse collettivo.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali si sviluppano tutte le attività educative della struttura.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Mensa	[m ²]	135,03	112,24	
Terra	Locali personale	[m ²]	63,57	54,33	
	Aule	[m ²]	120,08	103,70	
	Sala Medica/Servizi	[m ²]	42,06	34,79	
	Atrio	[m ²]	46,77	41,30	
	Spogliatoio/Distribuzione	[m ²]	54,40	46,63	
	Palestra	[m ²]	130,24	121,26	
	Primo	Aule	[m ²]	347,87	295,35
Servizi		[m ²]	40,57	31,56	
Atrio		[m ²]	62,16	59,31	
Secondo	Aule	[m ²]	348,09	294,93	
	Servizi	[m ²]	41,13	32,41	
	Atrio	[m ²]	59,54	56,36	
	Scale	[m ²]	29,31	24,61	
NON RISC		[m ²]	15,01		
NON RISC		[m ²]	35,46		
TOTALE		[m ²]	1.571,29	1.308,78	

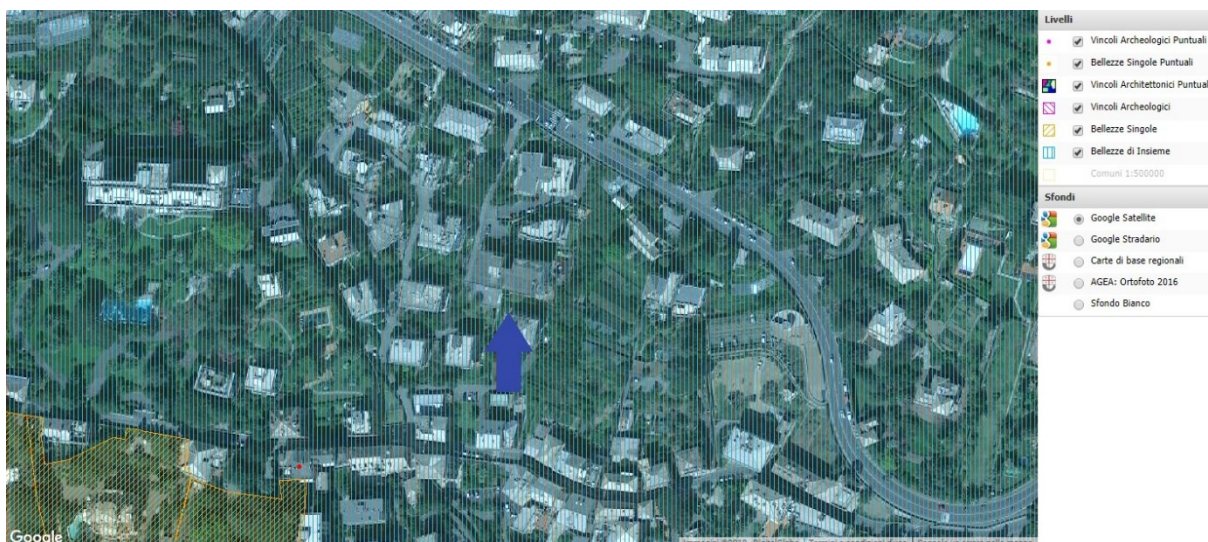
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

Nervi è un quartiere residenziale del comune di Genova, compreso nel Municipio IX Levante. Un tempo comune autonomo, nel 1926 venne aggregato alla Grande Genova. All'interno il territorio comprende alcune alture: il monte Moro (412 m), la cresta del monte Moro (574 m) e culmina con la vetta del monte Croce (785 m). Il territorio è attraversato dal torrente Nervi, che dopo alcuni chilometri sfocia in mare nei pressi del porticciolo. Il paesaggio è caratterizzato da un positivo equilibrio tra l'edificazione e la componente naturalistica dove permane una vegetazione mediterranea ancora ben sviluppata.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Una verifica effettuata sul portale della Regione Liguria dedicato agli edifici vincolati (www.liguriavincoli.it). [Sullo stabile insiste un vincolo di bellezza d’insieme (numero 070119, 070115) ma nessun vincolo architettonico.

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

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento a cappotto in EPS grigio con grafite sp=12cm	nn		nn
EEM 2: Coibentazione copertura calpestabile con polistirene xps ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm	-nn		nn

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.

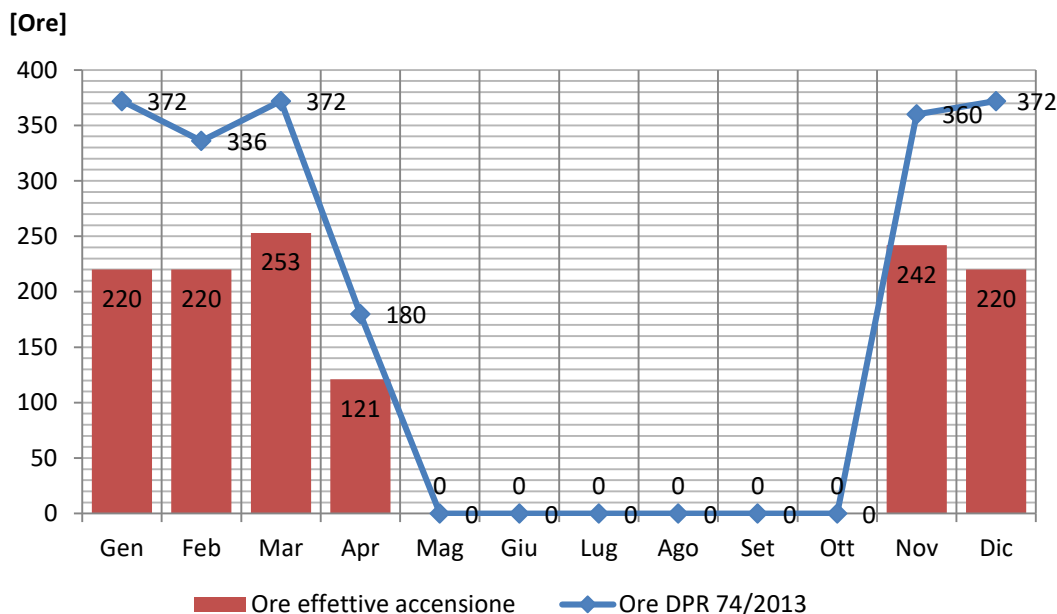
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ottenuti tramite colloquio col personale amministrativo e dirigente scolastica, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dagli uffici preposti del Comune di Genova.

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
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Dal lunedì al venerdì	8.00-18.00	7.30 – 18.30
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Dal lunedì al venerdì	8.00-18.00	[-]

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura. Si rileva infatti un’accensione anticipata dell’impianto termico rispetto all’orario effettivo di utilizzo ed uno spegnimento prossimo all’orario di uscita del personale della struttura, al fine di garantire l’adeguata climatizzazione dell’edificio.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

Tali temperature sopra indicate sono quelle utilizzate per la creazione del modello energetico termico, a cui corrispondono 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 988 GG calcolati su 116 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	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	19%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	21%
Aprile	30	15,3	15	71	11	11	54	6%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	22	22	147	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	20	200	20%
TOTALE	365	16,7	166	1421	223	116	988	100%

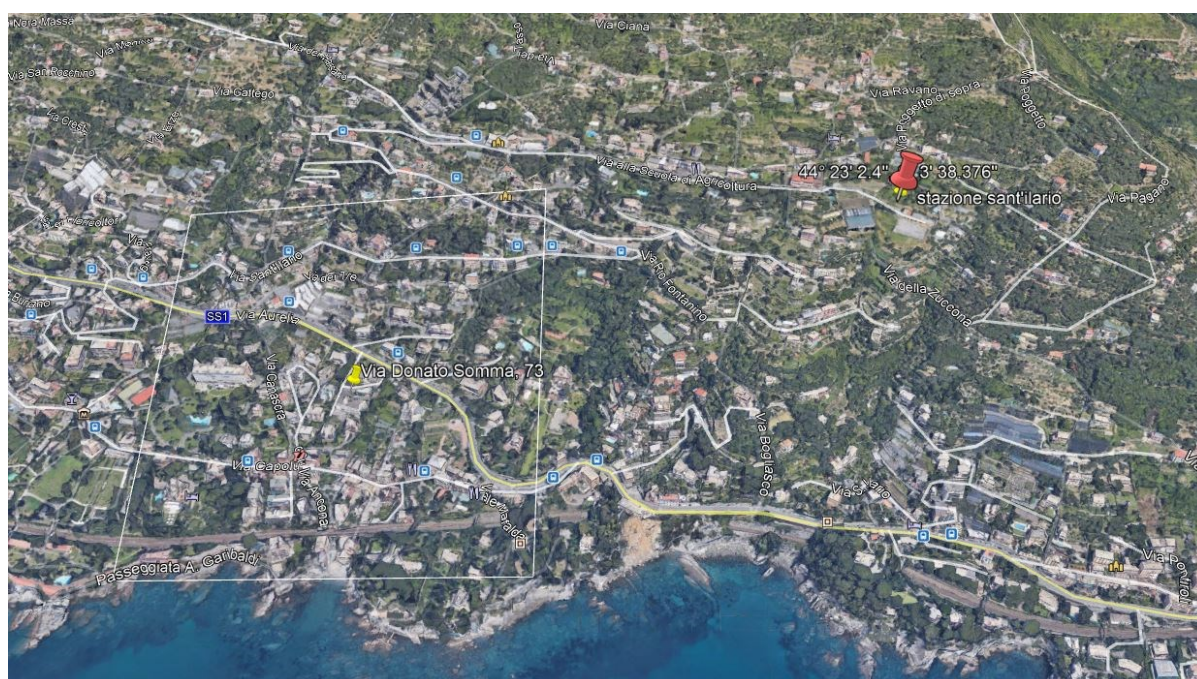
3.2 DATI CLIMATICI REALI

Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione delle temperature 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 installata presso Genova Sant’Ilario (44° 23' N 9° 3' E Altitudine 174 m).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è ubicata in una zona limitrofa all’edificio oggetto della DE.

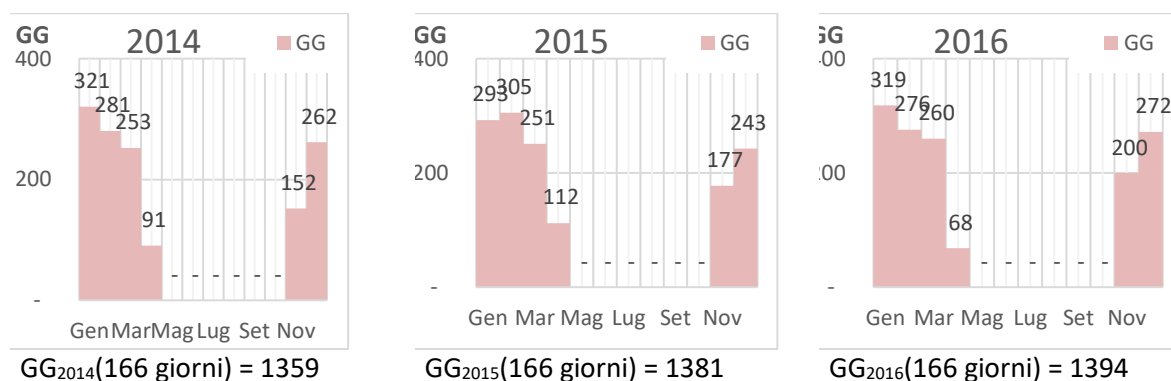
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

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

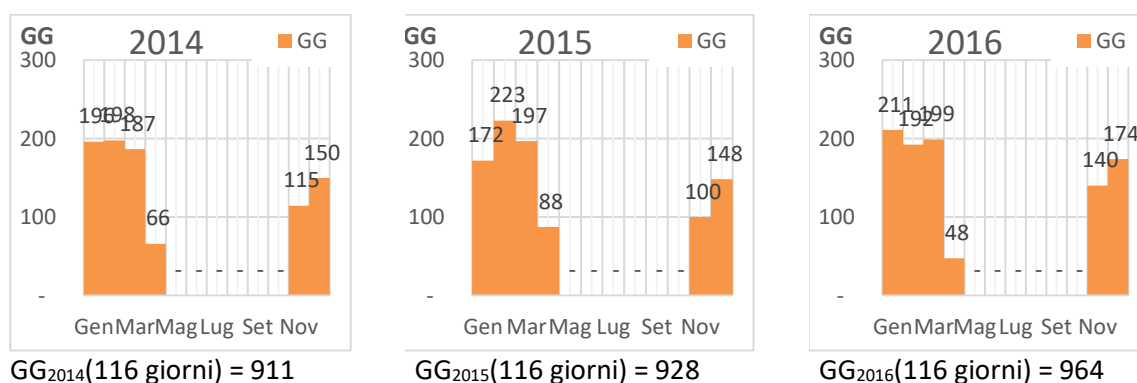


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 922, 974 e 1055 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento, riferiti rispettivamente agli anni 2014, 2015 e 2016.

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



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 caratterizzato dalla presenza di una struttura portante a pilastri in cemento armato e murature di tamponamento in laterizio intonacato sui due lati. I muri di tamponamento verticali hanno spessori mediamente di 45 cm e si rastremano in corrispondenza delle finestre fino a 11cm (spessore della stratigrafia 29cm).

Le murature esterne in corrispondenza del seminterrato sono rivestite in pietra al fine di garantire maggiore protezione alla muratura in corrispondenza del solaio di controterra.

In corrispondenza del volume del grande corpo scala, al fine di garantire un buon livello di illuminazione naturale è stato utilizzato il vetrocemento in sostituzione di gran parte della muratura di tamponamento esterna orientata a nord. Tale materiale si estende in altezza in tutti e quattro i livelli riscaldati.

I solai di tutto il fabbricato sono in latero-cemento compresa la copertura orizzontale calpestabile che è finita all'estradosso con uno strato impermeabilizzante in bitume al fine di proteggere la stratigrafia dalle infiltrazioni esterne di umidità.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che non trattandosi di un edificio con vincoli architettonici specifici, potrebbe essere sottoposto ad importanti interventi di efficientamento energetico anche in corrispondenza delle pareti esterne opache disperdenti.

Figura 4.1 - Particolare della muratura presente



Figura 4.2 - Particolare della copertura piana sul solaio in latero-cemento



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:

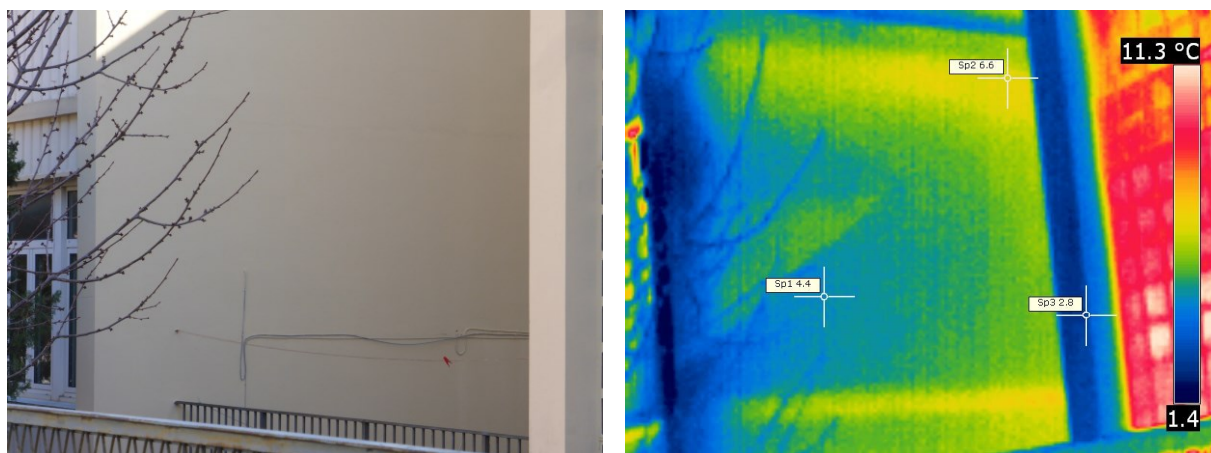
- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR ThermaCAM E45] secondo le seguenti modalità [si sono misurate le condizioni climatiche esterne (Temperatura dell'aria e umidità relativa), rilevate le caratteristiche di emissività della

superficie e la temperatura riflessa sulla superficie. Ci si posiziona davanti all’oggetto e si effettua la foto congiuntamente con la misura della distanza.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- dalle termografie è evidente il telaio strutturale dell’edificio (travi e pilastri)
- si evidenzia in corrispondenza dei sottofinestra, la rastremazione dell’involucro che presenta una temperatura lievemente maggiore
- nei giunti strutturali risiedono i principali ponti termici che presentano temperature puntuali mediamente maggiori di 5 gradi centigradi rispetto alle superfici più ampie ugualmente esposte
- Le temperature delle fasce verticali in vetrocemento (M88) sono molto più alte rispetto quella media l’involucro opaco

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete tipo



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate 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 [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	M1	45	Assente	0,793	Buono
	M2	41	Assente	0,925	Buono
	M3	29	Assente	1,247	Buono
	M4	52	Assente	2,328	Buono
	M5	45	Assente	0,793	Buono
	M6	29	Assente	1,247	Buono
	M8	46	Assente	0,788	Buono
	M9	41	Assente	0,639	Buono
	M10	52	Assente	2,328	Buono
	M11	16	Assente	1,695	Buono
	M88	8	Assente	2,875	Buono
Pavimenti	P1	44	Assente	0,349	Buono
	P2	31	Assente	1,168	Buono
	P3	31	Assente	1,376	Buono

Soffitti	S1	31	Assente	1,477	Buono
	S2	31	Assente	1,477	Buono
	S3	29	Assente	1,565	Buono
	S4	31	Assente	1,396	Buono

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti con telaio in PVC e vetri doppi di recente installazione.

Lo stato di conservazione degli stessi è molto buono. Gli infissi garantiscono delle prestazioni tali da ridurre le infiltrazioni d’aria all’interno degli ambienti. Tali serramenti permettono di contenere le dispersioni termiche dell’involucro trasparente garantendo buone condizioni di comfort degli utenti.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti tipo



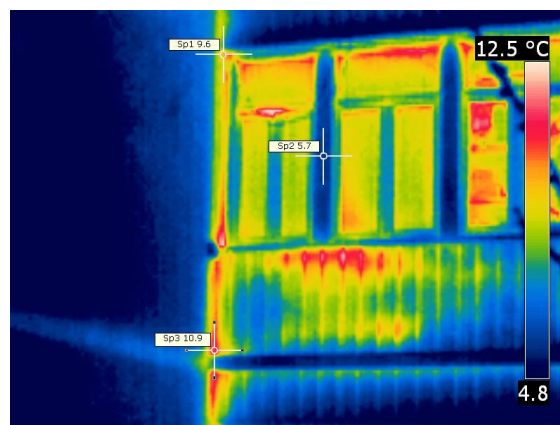
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito secondo le seguenti modalità allo stesso modo così come descritto per l’involucro opaco

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Presenza dei ponti termici in corrispondenza tra telaio fisso del serramento e l’involucro opaco]
- Dispersione termica del termosifone nel sottofinestra

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti tipo



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 [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W1	130x206	Pvc	Vetro doppio	2,694	Buono
Serramento verticale	W2	130x206	Pvc	Vetro doppio	2,694	Buono
Serramento verticale	W3	321X293	Pvc	Vetro doppio	4,795	Buono
Serramento verticale	W4	130x206	Pvc	Vetro doppio	2,694	Buono
Serramento verticale	W5	130x206	Pvc	Vetro doppio	2,694	Buono
Serramento verticale	W6	132X234	Pvc	Vetro doppio	4,375	Buono
Serramento verticale	W7	128X310	Pvc	Vetro doppio	2,736	Buono
Serramento verticale	W8	105X207	Pvc	Vetro doppio	2,706	Buono
Serramento verticale	W9	105X207	Pvc	Vetro doppio	2,706	Buono
Serramento verticale	W70	125x304	Pvc	Vetro doppio	4,397	Buono
Serramento verticale	W71	125x304	Pvc	Vetro doppio	4,521	Buono
Serramento verticale	W72	123x228	Pvc	Vetro doppio	4,762	Buono
Serramento verticale	W99	80x220	Ferro	Opaca	7,000	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 una caldaia di tipo tradizionale, alimentata a metano ed asservita alla climatizzazione invernale dell’intero edificio.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete esterna non isolata;

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori installati sulle pareti esterne degli ambienti



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola elementare “Manfredi” e scuola materna statale “Via Somma”	Radiatori a parete	92%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Interrato	Incassato a parete	3	2.5	7.4	[-]	[-]
Terra	Incassato a parete	19	1.4	26.2	[-]	[-]
Primo	incassato a parete	17	1.4	24.1	[-]	[-]
Secondo	Incassato a parete	19	1.6	30.4	[-]	[-]
TOTALE		58	1.5	88.1	[-]	[-]

Nota (5): La potenza termica di ciascun terminale è stata ottenuta secondo le disposizioni della norma EN 442-2, considerando un deltaT pari a 50 °C.

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

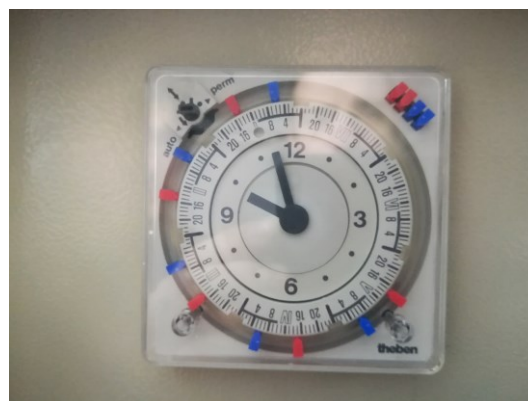
La regolazione del funzionamento dell'impianto termico avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e della curva climatica. La temperatura massima di mandata del sottosistema di generazione è fissata a 70°C.

Non sono state rilevate valvole termostatiche installate ai terminali di emissione né termostati ambiente asserviti alla regolazione dell'impianto termico.

Figura 4.7 - Particolare del pannello di controllo di dell'impianto termico



Figura 4.8 – Orologio generale a servizio dell'impianto termico



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola elementare “Manfredi” e scuola materna statale “Via Somma”	Climatica	96%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il sistema di generazione ed i terminali di emissione (fluido termovettore acqua);
- 2) Pompa di circolazione gemellare (funzionamento alternato) asservita al circuito primario;

Circuito primario: è presente una pompa di circolazione gemellare di mandata dell’acqua calda ai radiatori.

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 ⁽⁶⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
Scuola elementare “Manfredi” e scuola materna statale “Via Somma”	DAB KLM 50/600T mandata acqua calda a radiatori	12	41	0.4

Nota (6): Valori ricavati da dati di targa

Nota (7): Valori ricavati in sede di sopralluogo

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

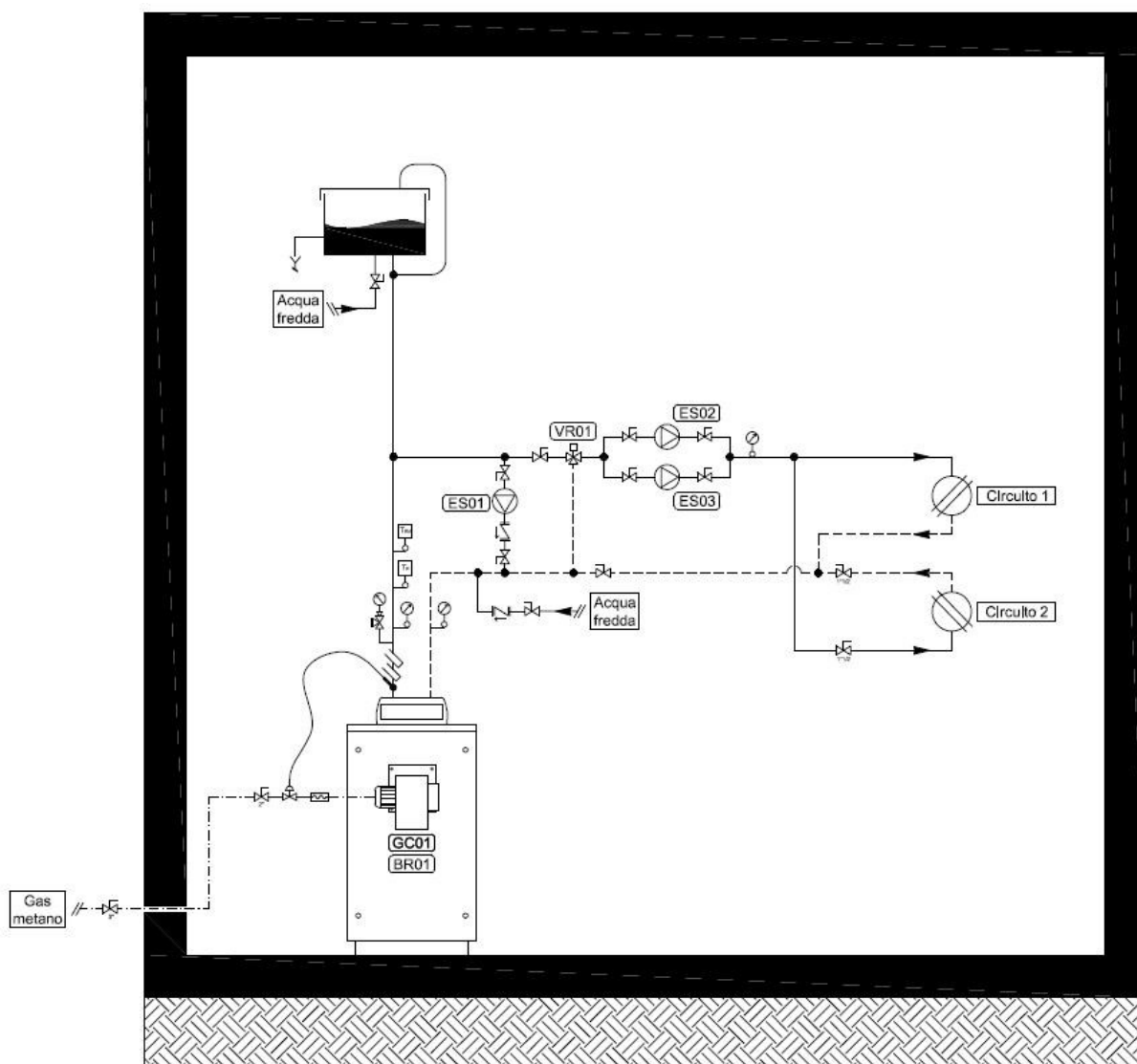
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Scuola elementare “Manfredi” e scuola materna statale “Via Somma” Mandata Caldo	60	56
Scuola elementare “Manfredi” e scuola materna statale “Via Somma” Ritorno Caldo	40	45

Nota (8): Valori rilevati il giorno 12/12/2017 alle ore 10.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 10°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare un effettivo riscontro tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 028-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione pari al 92% è stato calcolato tramite la norma UNI TS 11300-2.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di un'unica caldaia di tipo tradizionale, alimentata a metano, di produzione Riello modello 3500 S190 con bruciatore bistadio Baltur BTG 28P.

Figura 4.10 - Particolare della caldaia Riello 3500 S190

Figura 4.11 - Particolare del bruciatore Baltur BTG 28P



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella tabella 4.8

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽⁹⁾	POTENZA TERMICA UTILE ⁽⁹⁾	RENDIMENTO ⁽¹⁰⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽⁹⁾
					[kW]	[kW]		[kW]
Gen 1	Riscaldamento	Riello	3500 S190	1997	230	209	91.8	0.2

Nota (9): Valore ricavato tramite letture dei dati di targa rilevati in sede di sopralluogo

Nota (10): il valore riportato nella prova fumi dell'impianto risulta superiore a quello calcolato attraverso il modello energetico dell'edificio. Tale scostamento tra i valori di rendimento è dovuto alle differenti condizioni ambientali in cui è stata effettuata la prova fumi rispetto a quelle di calcolo del modello

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato calcolato nella DE tramite UNI TS 11300-2 ed è pari al 90.5%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite 4 bollitori elettrici ad accumulo installati

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

all'interno dei servizi igienici con una potenza complessiva di 5.7 kW e tramite una caldaia murale a gas da 27 kW asservita esclusivamente alla produzione di ACS per la cucina.



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

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

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	92.6%	[-]	[-]	31%	28.7%

Nota (11) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria caldaia murale a gas

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	92.6%	[-]	[-]	86.8%	76.2%

Nota (11) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

LOCALE TERMICO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]

Cucina	Frigo Zanussi	1	750	750	4944
Cucina	Forno Mareno	1	250	250	206
Cucina	Lavastoviglie Zanussi	1	9900	9900	120
Locale 27	Stampante	1	245	245	412
Locale 52	Stampante	1	245	245	412
Locale 68	PC	1	65	65	1030
Locale 61	PC	14	65	910	412
Locale 61	LIM	1	155	155	1030
Locale 61	Stampante	1	245	245	520

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, al rilevamento dei dati di targa dei singoli dispositivi e all'intervista dell'utenza per meglio comprenderne le modalità di utilizzo. Non si è ritenuto necessario procedere con attività diagnostiche degli impianti elettrici data la tipologia e l'uso degli stessi.

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 a fluorescenza tubolari (neon).

Tale tipologia di corpi illuminanti è installata a soffitto nelle zone di circolazione interna, aule, uffici e servizi igienici.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoi



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

LOCALE TERMICO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
mensa	Neon	20	36	720
aule PT	Neon	28	36	1008
sala medica/servizi	Neon	7	36	252
atrio PT	Neon	11	36	396
Spogliatoi/magazzino/distrib	Neon	8	36	288
palestra	Neon	16	58	928
aule p1	Neon	68	36	2448
servizi p1	Neon	13	36	468
atrio p1	Neon	9	36	324
aule p2	Neon	70	36	2520
servizi p2	Neon	13	36	468
atrio p2	Neon	16	36	576
scale	Neon	6	36	216

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.

Durante la fase di sopralluogo si è provveduto a rilevare anche lo stato di conservazione dei corpi illuminanti, che si presentano in buone condizioni. Si è inoltre verificata la presenza di luci di emergenza nei diversi locali della struttura.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Gasolio;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura e la produzione di ACS è il Gas Metano. Per il solo anno 2014 si è impiegato il Gasolio.

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica;

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

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

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

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 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270050350625	Riscaldamento	4.191	6.566	8.454	90.034	61.853	79.637

03270012040584	Produzione ACS	913	868	759	8.601	8.178	7.153
----------------	----------------	-----	-----	-----	-------	-------	-------

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto, esclusivamente per il PDR2, alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

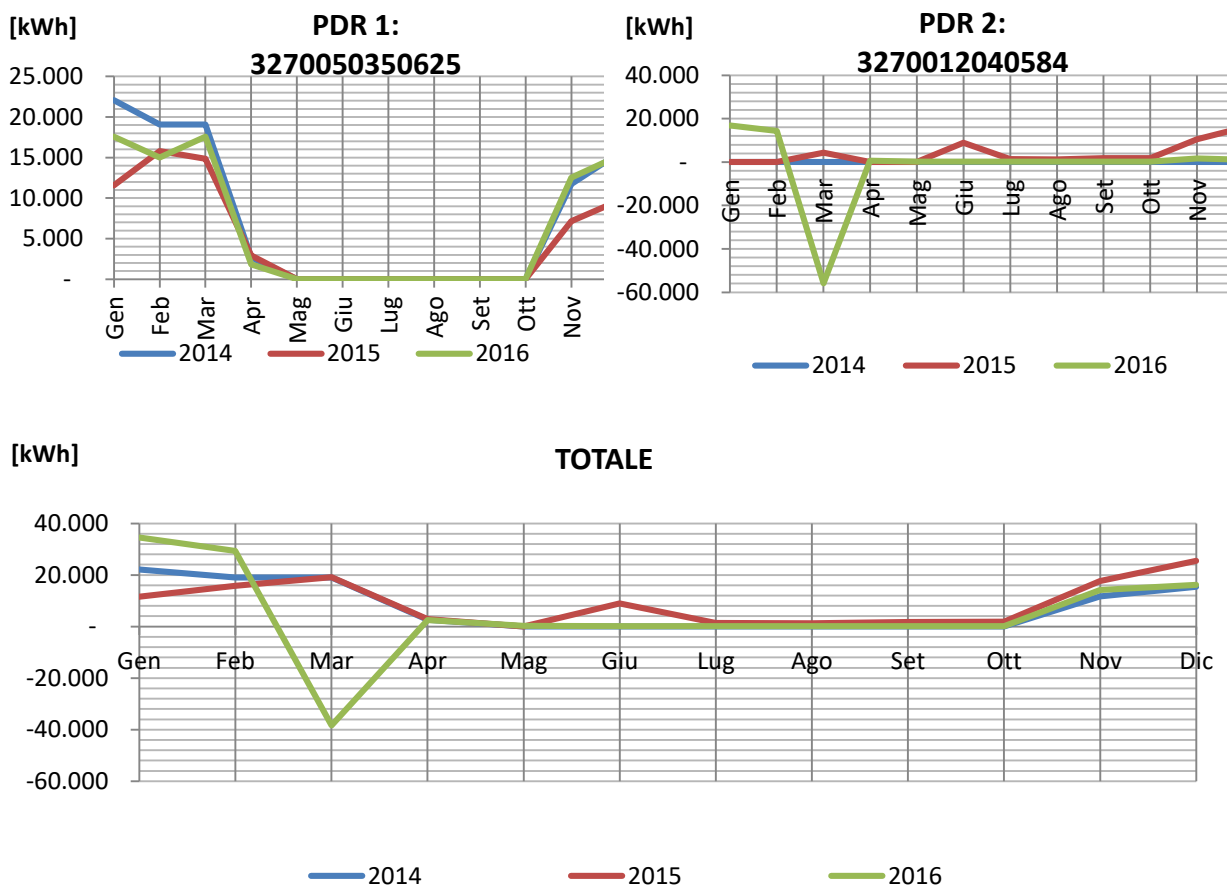
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati ricavati da società di distribuzione e di fornitura

PDR: 03270050350625	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.230	1.867	22.088	11.583	17.585	1.230
Febbraio	1.676	1.591	19.066	15.784	14.986	1.676
Marzo	1.575	1.865	19.063	14.837	17.571	1.575
Aprile	310	195	2.687	2.920	1.835	310
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	758	1.329	11.741	7.136	12.523	758
Dicembre	1.018	1.607	15.396	9.592	15.136	1.018
Totale	6.566	8.454	90.040	61.852	79.637	6.566
PDR: 03270012040584	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	-	1.794	-	-	16.899
Febbraio	-	-	1.518	-	-	14.300
Marzo	-	456	-5.936	-	4.299	-55.917
Aprile	-	-	65	-	-	612
Maggio	-	-	23	-	-	217
Giugno	-	947	20	-	8.921	188
Luglio	-	145	19	-	1.366	179
Agosto	-	133	18	-	1.253	170
Settembre	-	191	20	-	1.799	188
Ottobre	-	195	14	-	1.837	132
Novembre	-	1.117	170	-	10.522	1.601
Dicembre	-	1.692	111	-	15.939	1.046
Totale	-	4.876	-2.164	-	45.936	-20.385

Nota (13) per il PDR 1: Esclusivamente per l’anno 2014 si riporta in consumo in kWh come somma dei due consumi di metano e gasolio. Per il PDR2 mancano le fatture del 2014.

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



L’analisi dei consumi storici di Gas metano è stata effettuata, laddove possibile, in base alla disponibilità delle fatturazioni. L’esame del PDR 03270050350625 si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione dell’impianto attraverso un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Il consumo disponibile è di tipo annuale e non è stato quindi possibile effettuare un’analisi puntuale mensile dei consumi, ma come specificato dalla stazione appaltante “tali consumi dovranno essere riportati tra le varie mensilità in funzione dell’effettivo funzionamento stagionale degli impianti e dei Gradi Giorno reali”.

Il PDR 03270012040584 si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento. Per il PDR2 non sono disponibili le fatture dell’anno 2014 e che i valori qui sotto inseriti fanno riferimento principalmente a letture stimate. Non sono state disposte, da parte dei fornitori, letture reali mensili (le uniche letture rilevate corrispondono ai cambi gestore nei mesi marzo/aprile) e per cui l’andamento proposto dalle tabelle e dai grafici non corrisponde con esattezza al reale consumo.

Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è influenzato da consumi stimati del PDR2 che non sono coerenti di anno in anno. Sono evidenti dei picchi positivi e negativi per entrambi gli anni per i quali erano disponibili le fatturazioni. Ciò non rende attendibile il confronto ad un consumo “reale”. Il PDR1 è stato strutturato in base al periodo di funzionamento ed i Gradi Giorno.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che il consumo da baseline ottenuto come somma del PDR 1 e 2 si discosta da quello fornito dalla PA perché, con buona approssimazione, non corrisponde al reale prelievo.

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.

Tale consumo è stato valutato esclusivamente ad uso riscaldamento per il PDR1. L'acqua calda sanitaria utilizza sia un altro contatore gas che un altro vettore energetico.

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

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

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

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

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi non sono serviti da questo contatore.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 116 GIORNI	GG _{RIF} SU 116 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 989 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	911	988		90.052		97.662	8.601	-
2015	928	988	6.566	61.869	66,7	65.883	8.178	-
2016	964	988	8.454	79.659	82,7	81.632	7.153	-
Media	934	988		77.193	82,6	81.629	7.977	-

Per la presenza combinata di gasolio e metano nel 2014 è stata riportata in tabella la somma in kWh dei due vettori energetici. 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 importanti interventi di efficientamento. Nel 2014 si è sostituito il vettore energetico convertendo la centrale termica da gasolio e metano. È possibile che queste riduzioni possano essere riconducibili ad un utilizzo diverso dei locali congiuntamente a fattori climatici.

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]
\overline{Q}_{ACS}	7.977
\overline{Q}_{ALTRO}	-
$\overline{a}_{rif} \times GG_{rif}$	81.629
$Q_{baseline}$	89.606

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola elementare “Manfredi”;
- Scuola materna “Via Somma”;

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]
IT001E00096541	Scuola elementare e materna	20.274	20.453	20.629	20.452
TOTALE		20.274	20.453	20.629	20.452

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-EXXXX_rev10) e sono emerse le seguenti differenze:

2014 : 20.274 kWh (0%)

2015 : 22.601 kWh (-11%)

2016 : 22.378 kWh (-8%)

Media : 21.751 kWh (-6%)

I consumi rilevati dalla fatturazione sono mediamente più bassi del 6% rispetto quelli rilevati dalla PA. In questi consumi sono stati presi in considerazione i conguagli presenti in fatture successive

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 20.452 kWh, quello rilevato dall’Auditor nella fase di analisi della fatturazione.

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

POD: IT001E00096541	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.692	249	434	2.375
Febbraio	1.653	213	323	2.189
Marzo	1.605	234	365	2.204
Aprile	1.383	195	363	1.941
Maggio	1.196	213	348	1.757
Giugno	692	180	355	1.227
Luglio	155	128	262	545
Agosto	144	139	301	584
Settembre	774	220	346	1.340
Ottobre	1.365	286	400	2.051
Novembre	1.439	239	355	2.033
Dicembre	1.403	245	380	2.028
Totale	13.501	2.541	4.232	20.274
POD: IT001E00096541	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.688	262	384	2.334
Febbraio	1.814	280	340	2.434
Marzo	1.323	209	317	1.849
Aprile	773	153	248	1.174
Maggio	1.371	238	358	1.967
Giugno	770	187	341	1.298
Luglio	231	134	268	633
Agosto	140	123	286	549
Settembre	846	195	345	1.386
Ottobre	1.742	301	321	2.364
Novembre	1.826	271	338	2.435
Dicembre	1.442	230	358	2.030
Totale	13.966	2.583	3.904	20.453
POD: IT001E00096541	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.597	255	373	2.225
Febbraio	1.899	289	348	2.536
Marzo	1.490	258	348	2.096
Aprile	1.288	263	346	1.897
Maggio	1.410	217	294	1.921
Giugno	984	185	300	1.469
Luglio	216	120	246	582
Agosto	130	114	243	487
Settembre	731	187	289	1.207
Ottobre	1.467	251	349	2.067

E54 – Scuola Elementare “Manfredi” e Scuola Materna Statale “Via Somma”

Novembre	1.666	247	336	2.249
Dicembre	1.315	229	349	1.893
Totale	14.193	2.615	3.821	20.629

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.

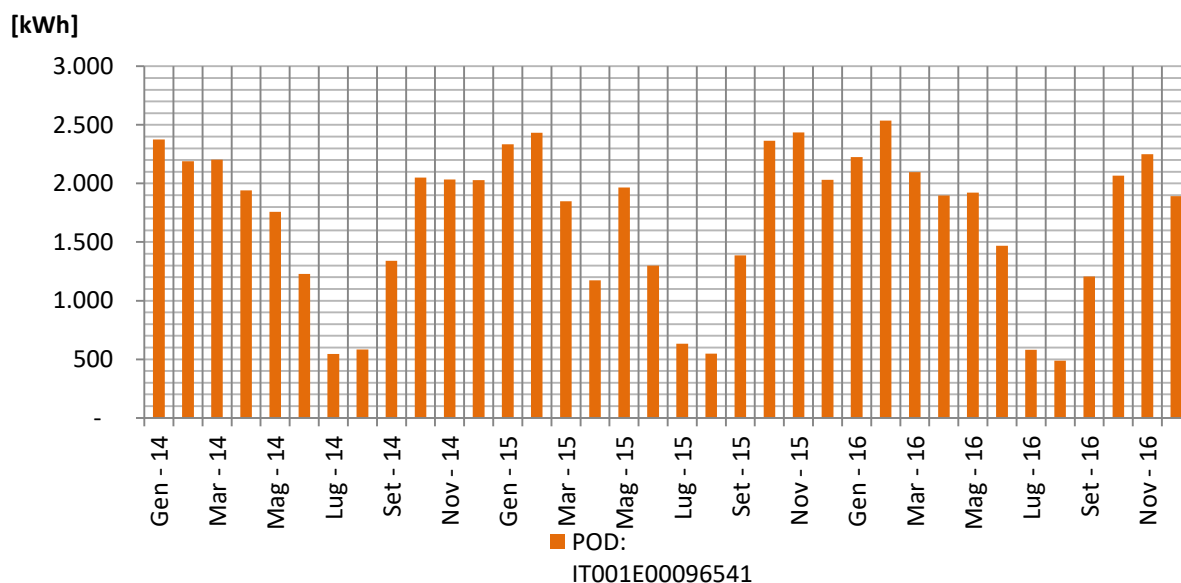
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.659	255	397	2.311
Febbraio	1.789	261	337	2.386
Marzo	1.473	234	343	2.050
Aprile	1.148	204	319	1.671
Maggio	1.326	223	333	1.882
Giugno	815	184	332	1.331
Luglio	201	127	259	587
Agosto	138	125	277	540
Settembre	784	201	327	1.311
Ottobre	1.525	279	357	2.161
Novembre	1.644	252	343	2.239
Dicembre	1.387	235	362	1.984
Totale	13.887	2.580	3.986	20.452

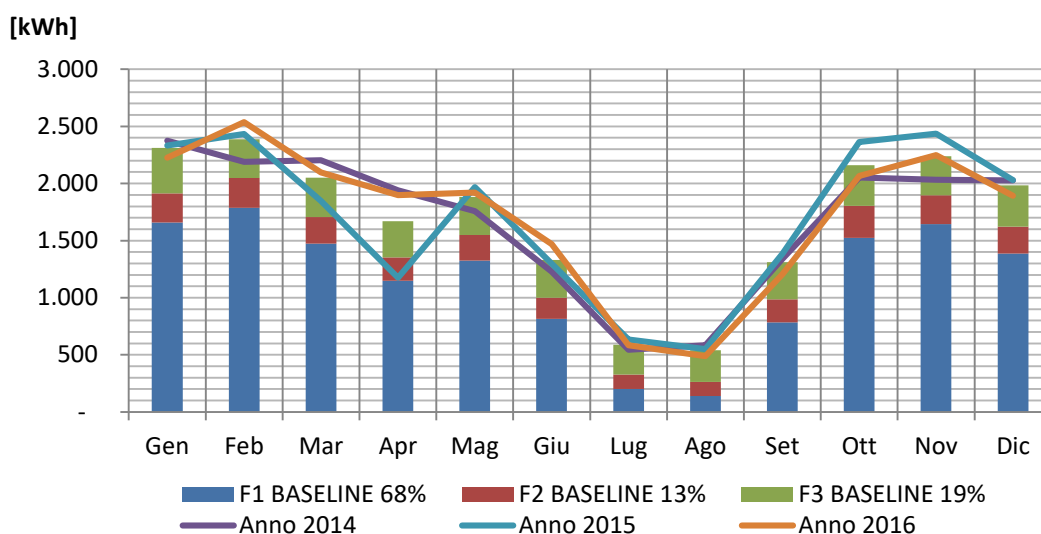
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti di anno in anno. I minimi consumi si hanno nei mesi estivi di luglio ed agosto quando l'attività della scuola è molto ridotta. Tale contributo può essere dovuto all'attività di segreteria e alla presenza di consumi in stand-by delle numerose apparecchiature presenti nella struttura, infatti le porzioni delle fasce orarie in F1, F2 ed E3 sono tra loro comparabili senza che una domini sulle altre così come accade invece negli altri mesi. In quest'ultimo caso il consumo maggiore si ha nella fascia diurna F1 la quale è sempre la componente prevalente.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto il contatore installato nella scuola ha una potenza minore di 55 kW, soglia necessaria per questo tipo di analisi. Pertanto non è stato possibile analizzare i profili giornalieri rappresentativi nelle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

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

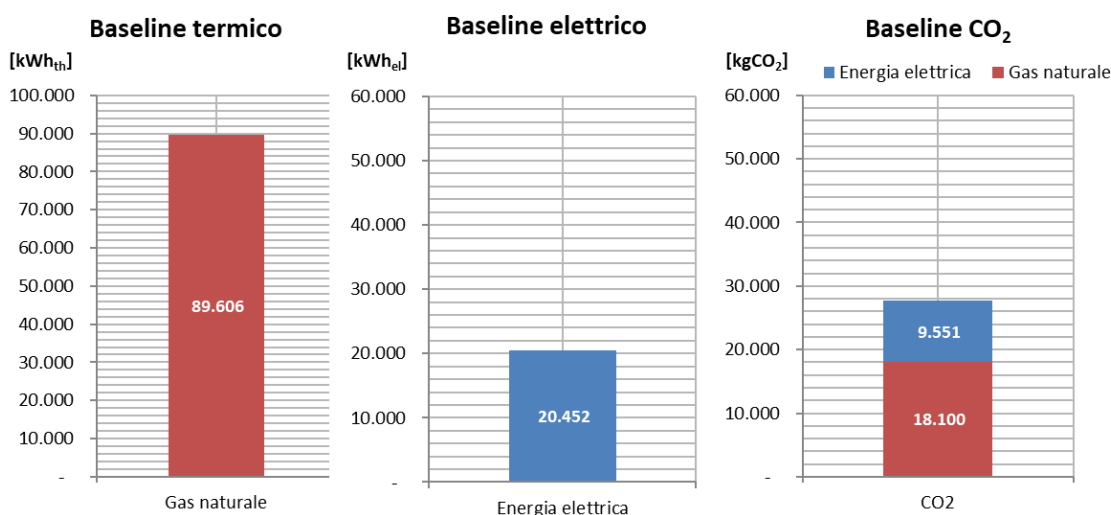
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Gas naturale	89.606	0,202	18.100
Energia elettrica	20.452	0,467	9.551

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



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

Tabella 5.11 - 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 CONSUMI RILEVATI5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.309	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.349	m ³
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	6.923	m ³

Nella Tabella 5.13 e

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

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	89.606	1,05	94.086	71,9	69,7	13,6	13,83	13,42	2,61
Energia elettrica	20.452	2,42	49.494	37,8	36,7	7,1	7,30	7,08	1,38
TOTALE			143.580	110	106	21	21	20	4

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	89.606	1,05	94.086	71,9	69,7	13,6	13,83	13,42	2,61
Energia elettrica	1,95	39.881	30,5	29,6	5,8	7,30	7,08	1,38	1,95
TOTALE			133.968	102	99	19	21	20	4

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

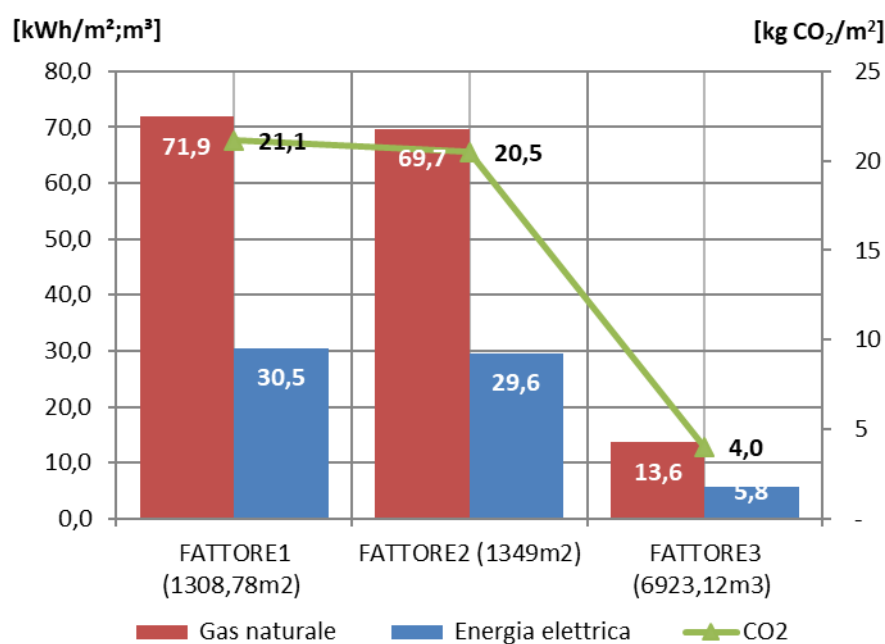
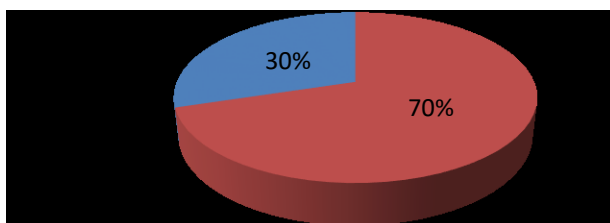
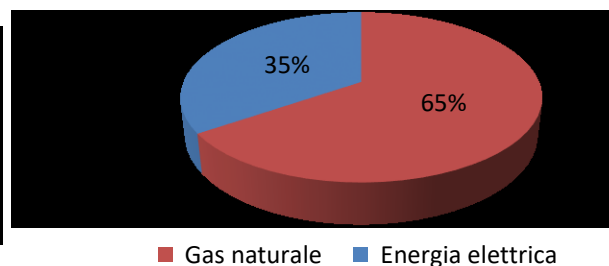


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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	8,19	5,52	6,84	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	18,72	20,87	20,67

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo mediamente classi di merito Buono per il riscaldamento e Insufficiente per l'energia elettrica. Si rimanda nell'allegato M il dettaglio riassuntivo di tutti gli indici di performance in condizioni standard ed adattati all'utenza.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale	EP _{gl}	176.53	kWh/mq anno	182.66	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	146.11	kWh/mq anno	146.47	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	11.46	kWh/mq anno	12.67	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	18.95	kWh/mq anno	23.52	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	34.8	Kg/mq anno	36	Kg/mq anno

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	18947	197752
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	17070	33286

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato tramite confronto con la baseline energetica, secondo la presente scala di congruità:

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

Dove:

- $Q_{teorico}$ è il fabbisogno teorico dell’edificio, come calcolato dal software di simulazione, ed è assunto pari a fabbisogno di energia per la combustione ($Q_{gn,in}$) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
- $Q_{baseline}$ è il consumo reale (destagionalizzato nel caso di climatizzazione), dell’edificio, definito dalla baseline energetica.

Tale raffronto deve essere realizzato sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

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 l’orario di funzionamento effettivo dell’impianto termico e gli indici di occupazione reali dell’edificio.

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

Tabella 6.3 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale	EP _{gl}	96.3	kWh/mq anno	102.2	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	65.9	kWh/mq anno	66	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	11.5	kWh/mq anno	12.7	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	18.95	kWh/mq anno	23.5	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	18	Kg/mq anno	20	Kg/mq anno

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	8989	93818.2
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	21381	43658.6

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
---------------	----------------	-----------

[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
89459.6	89606	0%

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
21381	20452	4.35%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

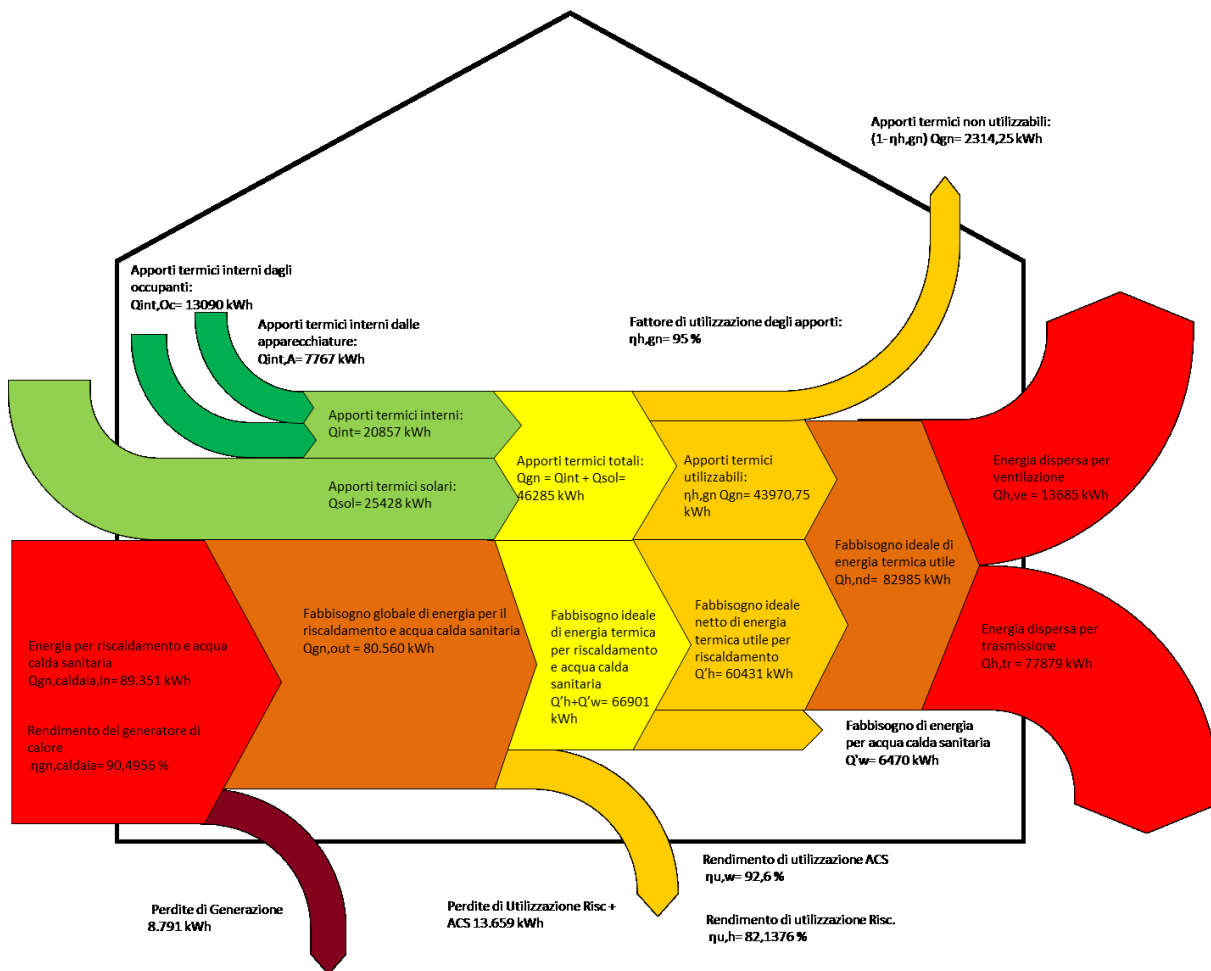
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

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

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

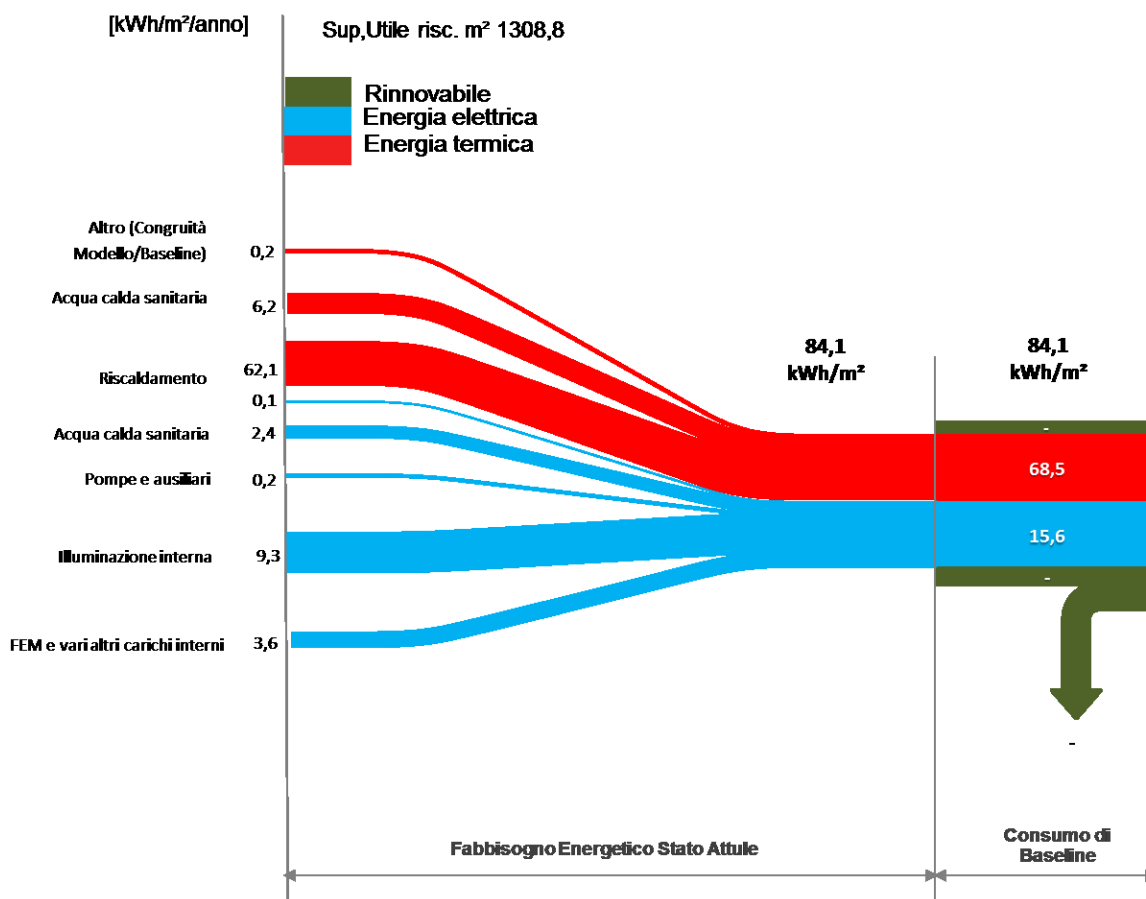
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio

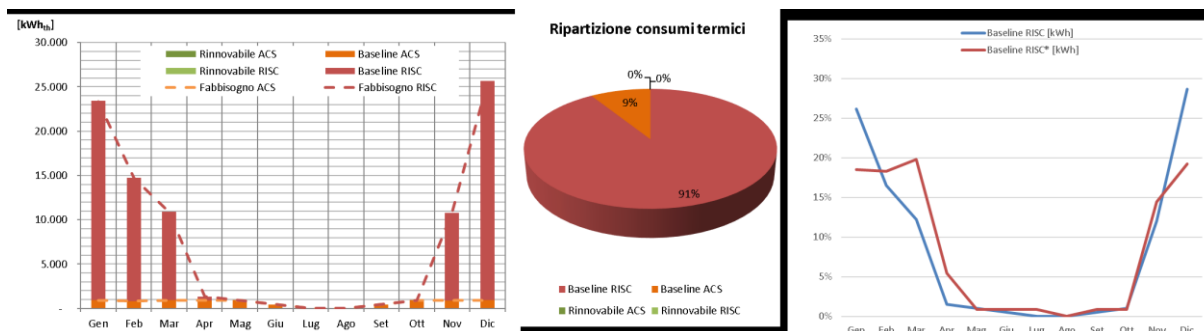


6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione dei diversi utilizzi.

La ripartizione mensile dei fabbisogni energetici termici ricavati dalla modellazione   riportata in figura 6.3

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

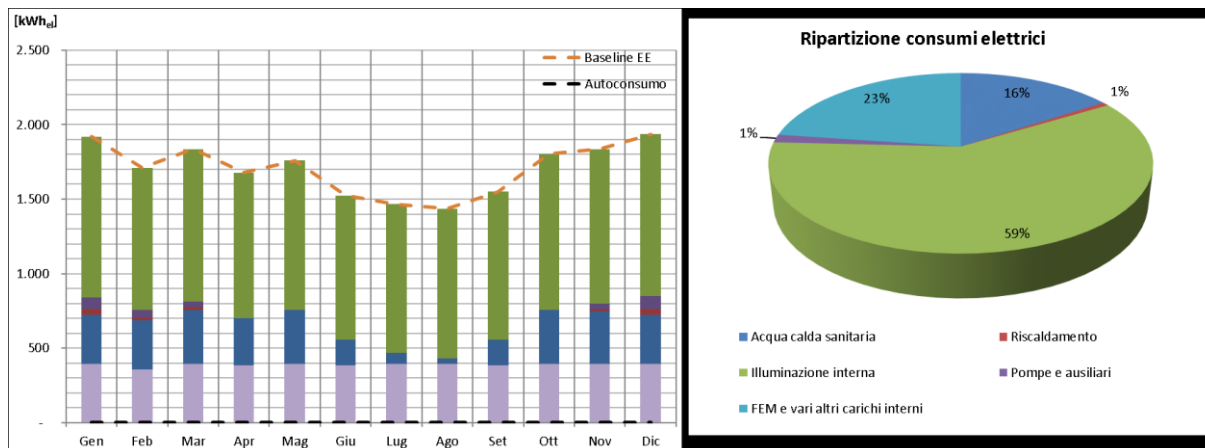


Si pu  notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tale servizio.

Si   inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione termica ed i profili mensili ottenuti tramite la ripartizione dei consumi annuali di Baseline, adibiti al riscaldamento degli ambienti, in funzione dei profili mensili dei GG_{rif}.

La ripartizione dei fabbisogni energetici elettrici ricavati dalla modellazione è riportata in Figura 6.4

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi ai servizi di acqua calda sanitaria e illuminazione interna, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tali sistemi.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270050350625: 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 P ;
- PDR 2 – 3270012040584: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 03270012040584	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura		Via Donato Somma 73 16167 Genova (GE)	Via Donato Somma 73 16167 Genova (GE)
Società di fornitura		IREN MERCATO SPA	ENI
Inizio periodo fornitura		-	01/04/15
Fine periodo fornitura		31/03/14	31/03/16
Classe del contatore		Classe G004	Classe G0004
Tipologia di contratto		PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO
Opzione tariffaria ⁽¹⁴⁾			
Valore del coefficiente correttivo dei consumi		1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile		9,42 kWh/smc	9,42 kWh/smc
Prezzi di fornitura del combustibile ⁽¹⁵⁾ (IVA INCLUSA) [€/smc]		0,248	0,223

Nota (14) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (15): 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 per il PDR1 è stato stipulato un Contratto di Servizio Energia SIE3 per cui non è possibile reperire i dati. Per il PDR2 sono mancanti le fatturazioni dell'anno 2014. Si nota che ogni anno in corrispondenza del passaggio da una stagione termica all'altra è cambiato il fornitore del metano ed a sua volta anche il costo medio annuo di fornitura del combustibile.

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

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

PDR: 03270050350625	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						1.872	22.088	0,085
Febbraio						1.616	19.066	0,085
Marzo						1.616	19.063	0,085
Aprile						228	2.687	0,085
Maggio						-	-	
Giugno						-	-	
Luglio						-	-	
Agosto						-	-	
Settembre						-	-	
Ottobre						-	-	
Novembre						995	11.741	0,085
Dicembre						1.305	15.396	0,085
Totale	-	-	-	-	-	7.632	90.040	0,085
PDR: 03270050350625	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						1.020	11.583	0,088
Febbraio						1.390	15.784	0,088
Marzo						1.306	14.837	0,088
Aprile						257	2.920	0,088
Maggio						-	-	
Giugno						-	-	
Luglio						-	-	
Agosto						-	-	
Settembre						-	-	
Ottobre						-	-	
Novembre						628	7.136	0,088
Dicembre						844	9.592	0,088
Totale	-	-	-	-	-	5.446	61.852	0,088
PDR: 03270050350625	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						1.507	17.585	0,086
Febbraio						1.285	14.986	0,086
Marzo						1.506	17.571	0,086
Aprile						157	1.835	0,086
Maggio						-	-	
Giugno						-	-	
Luglio						-	-	
Agosto						-	-	



Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	1.073	12.523	0,086	-	-	-	-	-
Dicembre	1.297	15.136	0,086	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	6.826	79.637	0,086

PDR: 03270012040584	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	0

PDR: 03270012040584	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	196	11	65	75	36	384	4.299	0,089
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	269	12	114	186	126	705	8.921	0,079
Luglio	39	4	17	28	20	109	1.366	0,079
Agosto	36	4	15	28	18	102	1.253	0,081
Settembre	52	4	22	40	26	144	1.799	0,080
Ottobre	54	4	23	41	27	148	1.837	0,081
Novembre	308	4	129	237	149	827	10.522	0,079
Dicembre	466	4	196	358	225	1.250	15.939	0,078
Totale	1.419	46	582	994	627	3.668	45.936	0,080

PDR: 03270012040584	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	450	4	211	341	191	1.197	16.899	0,071
Febbraio	392	4	176	322	196	1.089	14.300	0,076
Marzo	-1.596	11	-698	-1.243	-776	-4.303	-55.917	0,077



E54 – Scuola Elementare “Manfredi” e Scuola Materna Statale “Via Somma”

Aprile	13	3	9	13	4	42	612	0,069
Maggio	5	3	3	5	2	17	217	0,078
Giugno	4	3	3	4	2	15	188	0,080
Luglio	4	3	3	4	2	15	179	0,083
Agosto	4	3	3	4	2	14	170	0,083
Settembre	4	3	3	4	2	15	188	0,082
Ottobre	3	3	2	3	1	12	132	0,091
Novembre	40	3	22	33	10	108	1.601	0,067
Dicembre	26	3	13	22	7	70	1.046	0,067
Totale	-651	41	-251	-490	-359	-1.709	-20.385	0,084

PDR: 03270012040584	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]
Conguaglio Apr Energetic	4,57	0	3,36	4,61	2,76	15,30	23	0,665
Conguaglio Maggio Energetic	1,4	0	1,02	1,4	0,84	4,66	7	0,666
Conguaglio Giugno Energetic	1,59	0	1,17	1,6	0,96	5,32	8	0,665
Conguaglio Luglio Energetic	1,46	0	1,03	1,4	0,86	4,75	7	0,678
Conguaglio Agosto Energetic	1,66	0	1,18	1,61	0,98	5,43	8	0,679
Conguaglio Settembre Energetic	1,44	0	0,79	1,35	1,06	4,64	7	0,664
Conguaglio Ottobre Energetic	4,25	0	1,73	3,46	3,04	12,48	18	0,693

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dal file gas-MTutela_Rev02, implementato sul file Grafici_Template. Inoltre Nella colonna “Totale” del PDR2 sono stati tenuti in considerazione tutti gli arrotondamenti ed eventuali somme scomputabili indicate sulle bollette. L’assenza di letture rilevate mensili dei consumi rende questa valutazione, almeno per il PDR2, efficace relativamente alla stagione intesa come quella di riscaldamento piuttosto che annuale. Risulta anche evidente la differenza dei consumi tra gli anni 2015 e 2016, in quest’ultimo anno sono state effettuate più letture misurate.

Nel

grafico

in

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

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

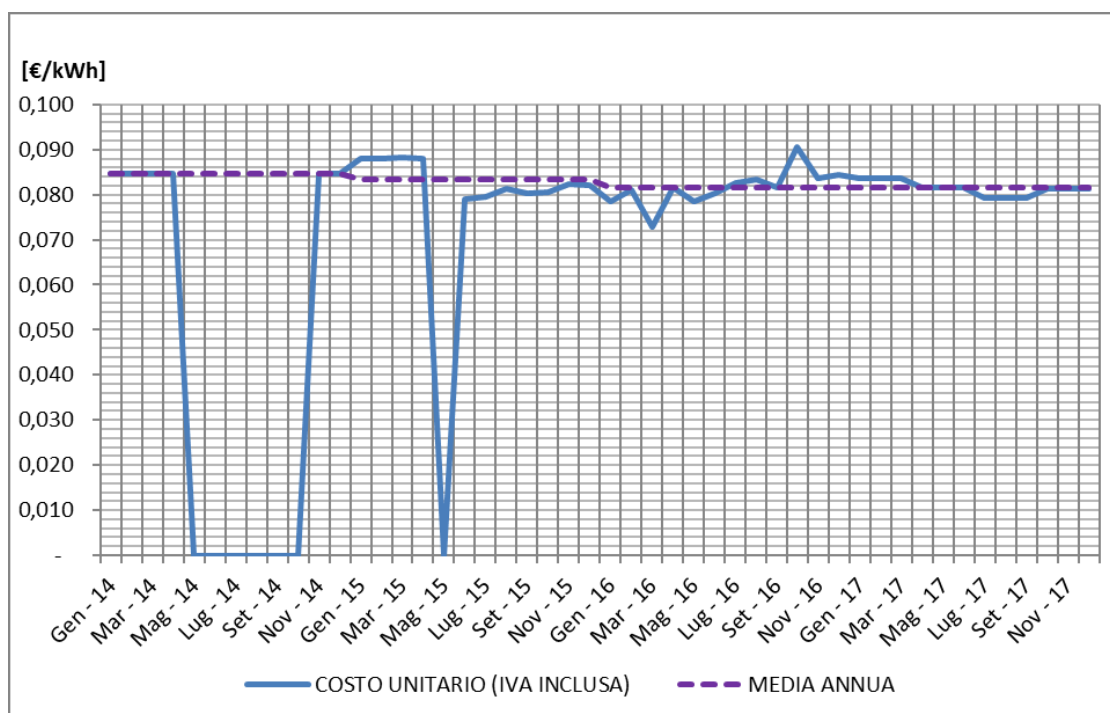
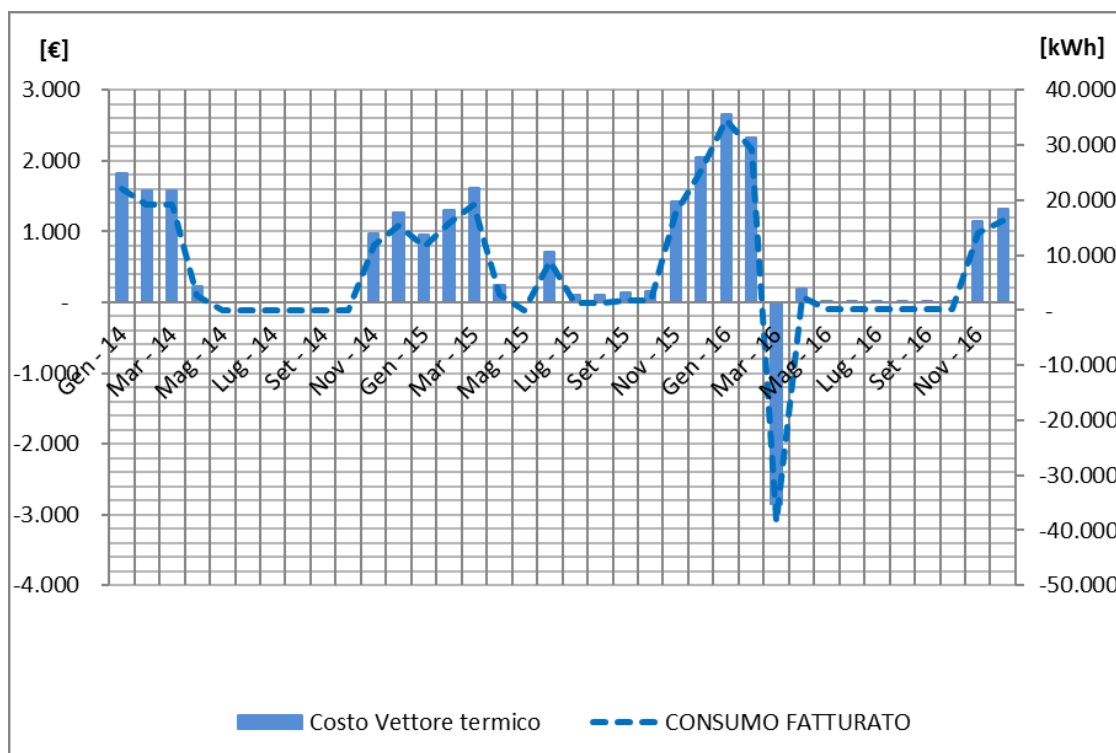


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è oscillante con picchi nei mesi della stagione di riscaldamento, essendo questa la componente dominante. I consumi negativi sono dovuti ai ricalcoli dell’azienda fornitrice del servizio effettuati in corrispondenza del cambio di gestione. Per il PDR1 si è partiti da un costo medio definito a monte così come indicato dalla stazione appaltante attraverso l’uso del foglio di calcolo fornito “gas-MTutela_Rev02”.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096541: 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: IT001E00096541	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Donato Somma n. 3 Genova (GE)	Via Donato Somma n. 3 Genova (GE)	Via Donato Somma n. 3 Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/13	01/04/15	01/04/16
Fine periodo fornitura	31/03/15	31/03/16	-
Potenza elettrica impegnata	20 kW	20 kW	20 kW
Potenza elettrica disponibile	20 kW	20 kW	20 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	380 V	BT, Allacciamento 380 V
Opzione tariffaria ⁽¹⁴⁾	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽¹⁵⁾ [€/kWh]	0,093	0,070	0,088

Nota (14) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (15): 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 la fornitura dell'elettricità varia il gestore di anno in anno modificando a sua volta il prezzo tariffario medio.

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

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

POD: IT001E00096541	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	100	17	151	18	29	274	1.404	0,195
Febbraio	172	28	221	27	45	708	3.160	0,224
Marzo	172	29	222	28	45	496	2.204	0,225
Aprile	151	34	207	24	42	458	1.941	0,236
Maggio	135	30	187	22	37	412	1.757	0,234
Giugno	92	21	136	15	26	290	1.227	0,236
Luglio					-	-		-
Agosto	40	9	65	7	12	134	584	0,230
Settembre	100	21	153	17	29	321	1.340	0,239

E54 – Scuola Elementare “Manfredi” e Scuola Materna Statale “Via Somma”

Ottobre	156	30	218	26	43	473	2.051	0,231
Novembre	154	30	219	25	43	471	2.033	0,232
Dicembre						-	-	-
Totale	1.273	249	1.779	209	351	4.036	17.701	0,228
POD: IT001E00096541	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	317	60	465	55	99	987	4.362	0,226
Febbraio	168	33	248	30	48	527	2.434	0,217
Marzo	162	32	250	31	48	523	2.456	0,213
Aprile	54	15	153	15	24	260	1.174	0,222
Maggio	66	19	179	19	28	311	1.509	0,206
Giugno	60	18	174	18	27	297	1.442	0,206
Luglio	59	-	133	14	21	226	1.121	0,202
Agosto	63	-	105	15	18	201	1.188	0,169
Settembre	29	-	65	7	10	111	573	0,194
Ottobre	51	15	179	17	26	288	1.393	0,207
Novembre	98	-	257	30	39	424	2.401	0,177
Dicembre	109	-	269	31	41	451	2.517	0,179
Totale	1.237	192	2.477	282	428	4.606	22.570	0,204
POD: IT001E00096541	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	73	-	186	21	28	307	1.640	0,187
Febbraio	105	-	251	31	39	426	2.106	0,202
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	209	-	424	48	68	749	3.818	0,196
Giugno	88	-	178	18	28	313	1.469	0,213
Luglio	41	-	110	7	16	173	582	0,298
Agosto	36	-	108	7	15	166	563	0,295
Settembre	82	-	152	14	25	271	1.131	0,240
Ottobre	167	-	226	26	42	460	2.067	0,223
Novembre	201	-	240	28	47	513	2.249	0,228
Dicembre	161	-	212	24	40	436	1.893	0,230
Totale	1.163	-	2.086	224	347	3.815	17.518	0,218

Nel grafico in

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

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

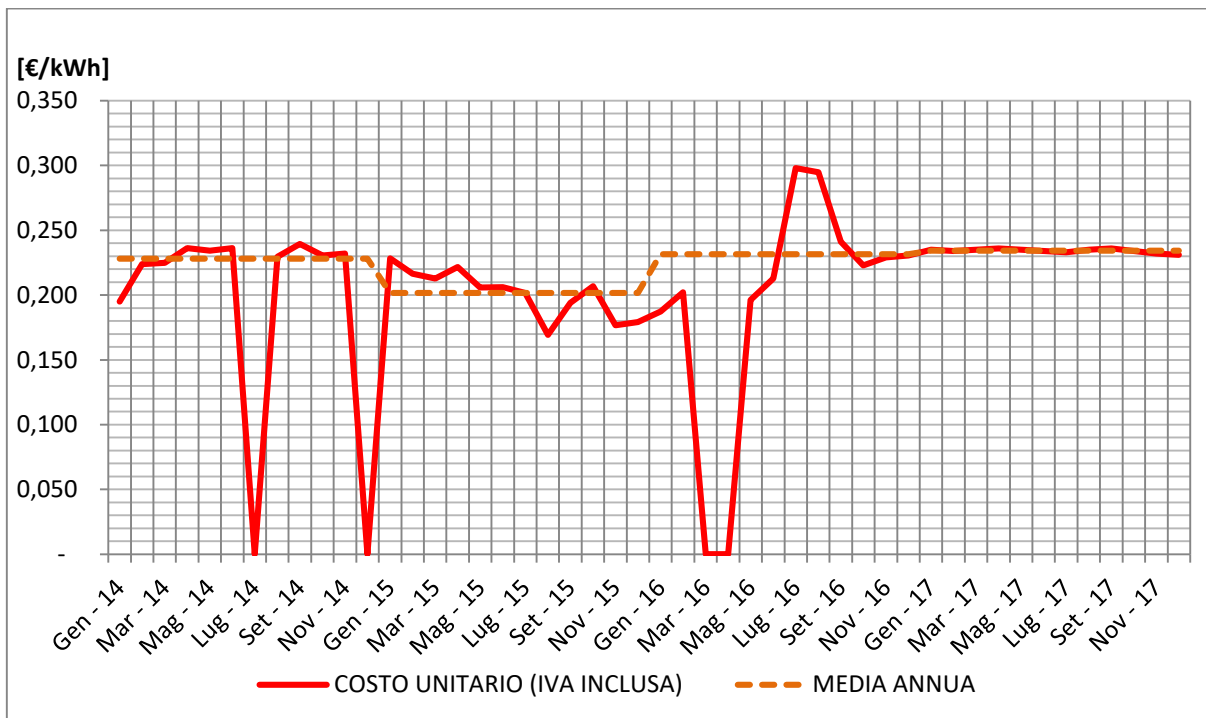
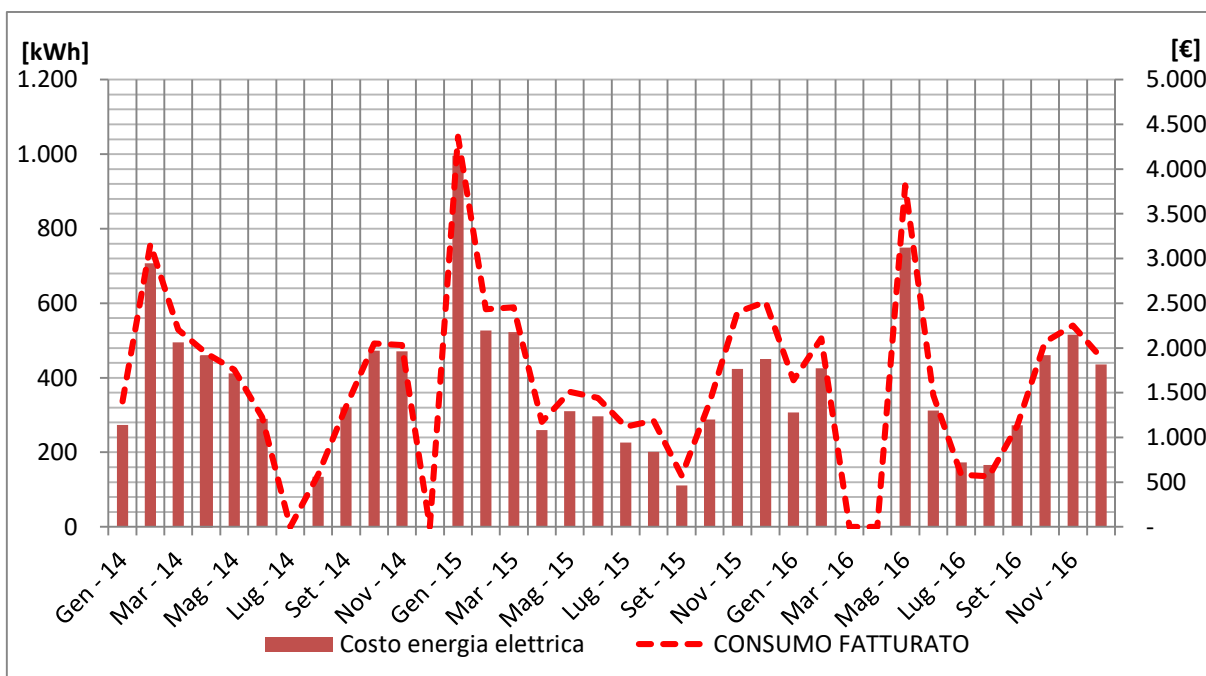


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che per consumo fatturato s’intende quello indicato su ogni bolletta, che potrebbe contenere o meno conguagli anche di altri mesi. I reali consumi mensili (comprensivi dei conguagli posticipati) sono stati presi in considerazione nelle valutazioni energetiche dell’edificio descritte nel Capitolo 5.

Nel primo grafico non sono presenti alcuni mesi per i quali o non erano presenti delle bollette (nel 2014 e 2015) oppure erano bollette bimestrali (picco mese Maggio 2016).

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	90.040	7.632	0,085	17.701	4.036	0,23	11.668
2015	107.787	9.114	0,085	22.570	4.606	0,20	13.720
2016	59.252	5.117	0,086	17.518	3.815	0,22	8.932
2017			0,083			0,214	
Media	83.520	7.115	0,085	20.044	4.210	0,216	11.326

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	C _{Uq} 0,083	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE} 0,214	[€/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:

- L1-042-028: servizio SIE3

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

- 1) Gestione e conduzione degli impianti, comprensivo del servizio di terzo responsabile;
- 2) Manutenzione ordinaria degli impianti;

- Manutenzione Preventiva,
- Manutenzione Correttiva a guasto (con servizio di reperibilità e pronto intervento);
- 3) Manutenzione straordinaria:
 - Interventi di adeguamento normativo;
 - Interventi di riqualificazione energetica.

Nel caso di impianti oggetto di contratto di sola conduzione e manutenzione il costo della manutenzione ordinaria C_{MO} è stato assunto pari al valore del contratto (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E54.

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 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} 6.433	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 1.710	[€/anno]

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 8.143€ per la quota di manutenzione mentre 15.553 € inclusa la quota energia.

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 11.781€ e un $C_{baseline}$ pari a 19.924 €

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline

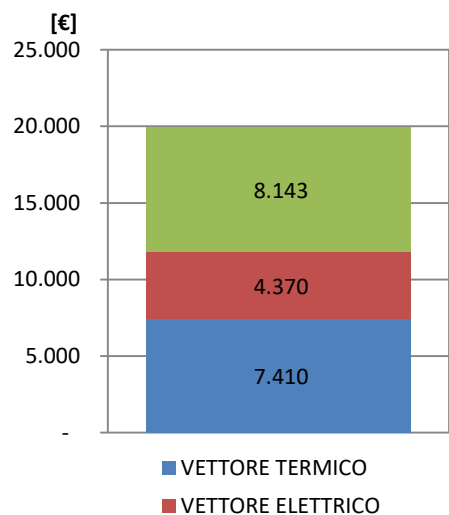
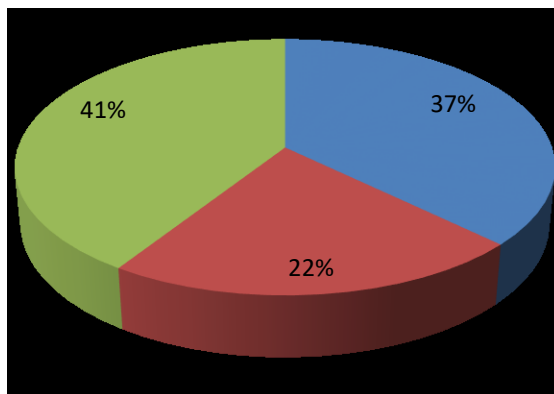


Figura 7.5 – Ripartizione costi di baseline



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione pareti verticali attraverso la realizzazione del cappotto termico in EPS grigio sp=12cm.

Generalità

La misura prevede di coibentare tutte le pareti dell'edificio mediante la posa del cappotto termico in polistirene EPS grigio con grafite (sp=12cm).

L'efficientamento delle pareti consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali della scuola e della palestra di pertinenza.

Figura 8.1 - Particolare della muratura esterna



Caratteristiche funzionali e tecniche

Le murature a seguito dei lavori risulteranno efficienti sotto l'aspetto energetico e garantiranno una migliore percezione del comfort ambientale all'interno degli ambienti adiacenti.

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.

Durante la posa dovranno essere rispettate alcune condizioni minime:

- la posa in opera dovrà essere effettuata a temperature dell'aria e del supporto comprese tra +5°C e +30°C
- le superfici devono essere pulite ed in caso contrario si dovrà procedere alla rimozione di polvere, sporco, tracce di disarmante, parti sfarinanti ed incoerenti, ecc. mediante lavaggio con acqua pulita a bassa pressione (max 200 bar)
- Verificare la planarità del supporto ed eventualmente livellare con malta d'intonaco o in alternativa con intonaco premiscelato impastato con miscela e acqua in rapporto 1:3. In corrispondenza di sporgenze specifiche, tipo cordoli in cls o elementi di laterizio fuori piombo, asportare le parti in eccesso

Le fasi di posa prevedono:

- FASE 1 Partenza con realizzazione della zoccolatura
- FASE 2 stesura del collante
- FASE 3 posa del pannello isolante
- FASE 4 tassellatura
- FASE 5 esecuzione spigoli ed angoli
- FASE 6 rasatura con rete

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

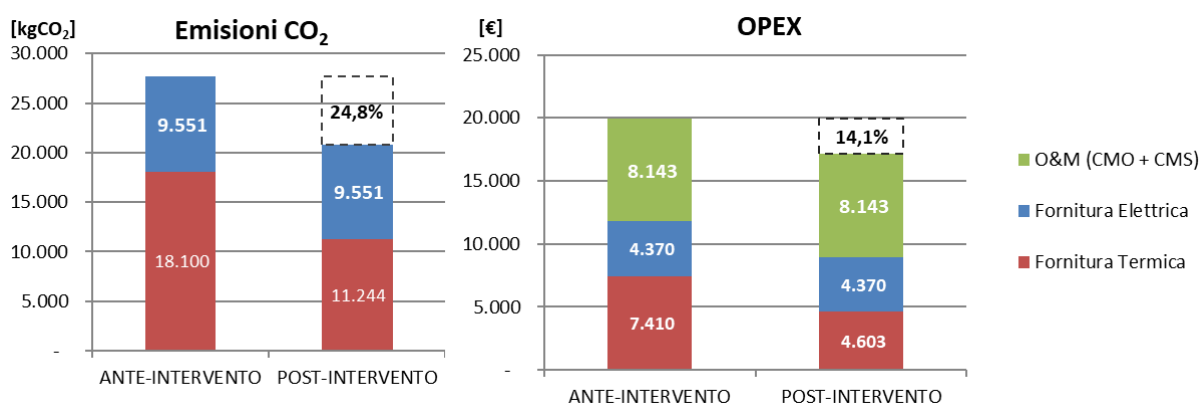
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – [Coibentazione pareti verticali attraverso la realizzazione del cappotto termico in EPS grigio sp=12cm.]

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	[W/m ² K]	0,76	0,2	73,7%
Q _{teorico}	[kWh]	89.351	55.505	37,9%
EE _{teorico}	[kWh]	21.380	21.380	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	89.606	55.663	37,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	20.452	20.452	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.100	11.244	37,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.551	9.551	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	27.651	20.795	24,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.410	4.603	37,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.370	4.370	0,0%
Fornitura Energia, C_e	[€]	11.781	8.974	23,8%
C _{MO}	[€]	6.433	6.433	0,0%
C _{MS}	[€]	1.710	1.710	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.143	8.143	0,0%
OPEX	[€]	19.924	17.117	14,1%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA inclusa.

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



EEM2: Coibentazione copertura calpestabile con polistirene xps ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm

Generalità

La misura prevede di coibentare le coperture piane calpestabili con l'impiego di polistirene XPS ad elevata densità (sp=16cm) e getto di completamento 4cm con finitura finale all'estradosso in guaina impermeabilizzante.

L'efficientamento delle coperture consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro opaco portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali dell'ultimo livello della scuola.

Figura 8.3 - Particolare della copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'orizzontamento a seguito dei lavori di riqualificazione risulterà efficiente sotto l'aspetto energetico e garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno degli ambienti adiacenti alla struttura in oggetto.

Descrizione dei lavori

L'intervento consiste nella fornitura e posa di pannelli in XPS ad alta densità tipo “Styrodur” dello spessore di 16 cm. La posa dell'isolante potrà avvenire direttamente al di sopra del manto impermeabilizzante già esistente, al di sopra dello strato isolante verrà poi realizzato un getto di pendenza in cls su cui verrà realizzato il nuovo manto impermeabilizzante. Laddove fossero presenti delle piastrelle di finitura queste dovranno essere rimosse e posate al di sopra dell'impermeabilizzazione in seguito alla realizzazione di uno strato in sabbia di allettamento.

La posa dell'isolante deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

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 EEM2 – [Coibentazione copertura calpestabile con polistirene xps ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm]

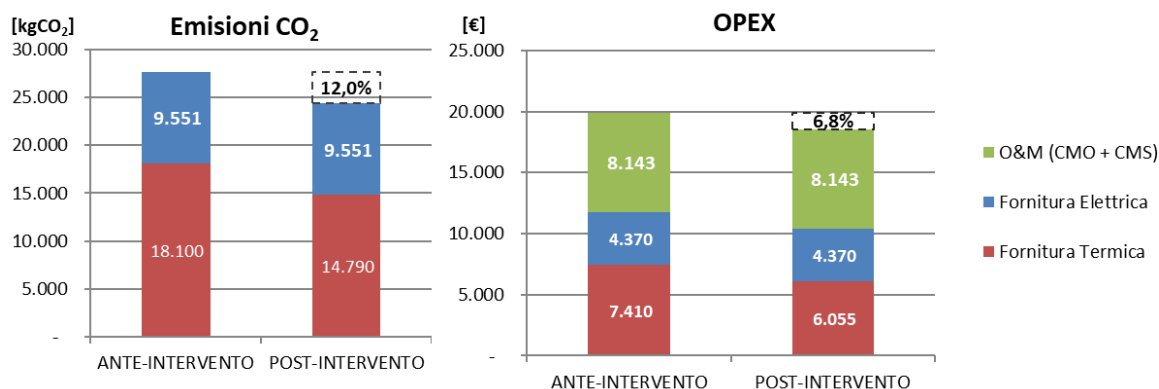
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,47	0,2	86,4%
Q _{teorico}	[kWh]	89.351	73.009	18,3%
EE _{teorico}	[kWh]	21.380	21.380	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	89.606	73.218	18,3%
EE _{baseline}	[kWh]	20.452	20.452	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.100	14.790	18,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.551	9.551	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	27.651	24.341	12,0%
Fornitura Termica, C ₀	[€]	7.410	6.055	18,3%

Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.370	4.370	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.781	10.425	11,5%
C _{MO}	[€]	6.433	6.433	0,0%
C _{MS}	[€]	1.710	1.710	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.143	8.143	0,0%
OPEX	[€]	19.924	18.568	6,8%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA inclusa.

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Termoregolazione

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di regolazione si può ottenere mediante l'installazione di valvole termostatiche che permettono di regolare la temperatura ambiente all'interno di un edificio.

Raggiungendo poi la temperatura impostata sulla testina essa la mantiene costantemente per tutta la durata di accensione, riducendo gli sprechi di energia e conseguente discomfort degli utenti.

Figura 8.5 - Particolare dei radiatori esistenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

Il sistema di termoregolazione è composto di tre parti:

- Valvola termostatica: che regola la portata del fluido in entrata nei radiatori,
- Testina: con la sua regolazione consente di gestire la temperatura ambiente,
- Detentore: cordolo che chiude il circuito del fluido del termosifone.

Tali componenti lavorano insieme e regolano la portata dell'acqua calda in ingresso al termosifone, tale da garantire la temperatura ambiente di set-point impostata.

L'intervento prevede l'installazione del sistema completo di ogni sua parte compatibilmente con le caratteristiche dei terminali di emissione.

Tali dispositivi prevedono una sensibilità del 0,5 °C controllando puntualmente la temperatura interna dei singoli ambienti, garantiscono un miglior comfort termico per l'utente e una migliore gestione dell'impianto termico.

Descrizione dei lavori

Si prevede l'installazione di n°73 unità, una per ciascun radiatore presente nei diversi locali dell'edificio.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.6.

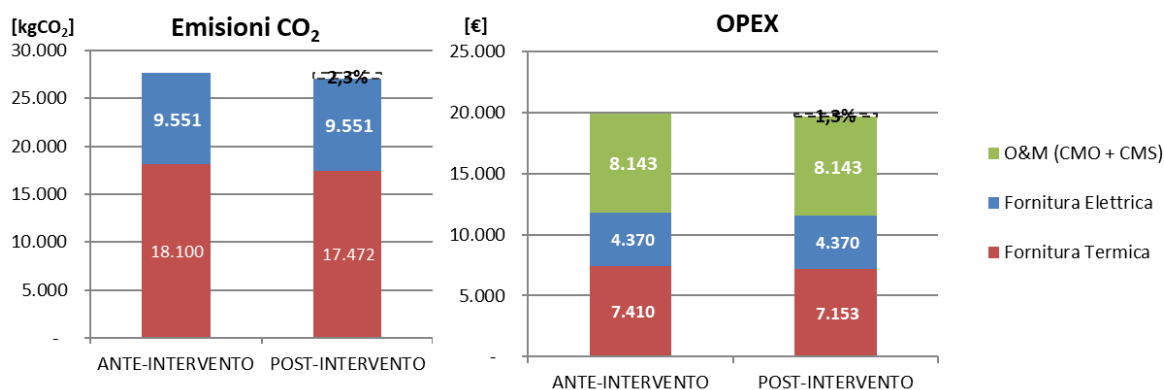
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Termoregolazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	90,50%	91,20%	-0,8%
Q _{teorico}	[kWh]	89.351	86.249	3,5%
EE _{teorico}	[kWh]	21.380	21.380	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	89.606	86.496	3,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	20.452	20.452	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.100	17.472	3,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.551	9.551	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	27.651	27.023	2,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.410	7.153	3,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.370	4.370	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.781	11.524	2,2%
C _{MO}	[€]	6.433	6.433	0,0%
C _{MS}	[€]	1.710	1.710	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.143	8.143	0,0%
OPEX	[€]	19.924	19.666	1,3%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA inclusa.

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



EEM5: Efficientamento generatore di calore

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione si può ottenere mediante la sostituzione del generatore attuale, ormai obsoleto, con un generatore più efficiente. Si propone, pertanto, la rimozione dell'attuale caldaia e l'installazione di una caldaia a gas metano a condensazione con elevata efficienza. Nella fase degli scenari tale intervento viene applicato già con misure “to be Lean”. In particolar modo le strategie in “to be Clean” così create sono impostate in previsione degli scenari a 15 e 25 anni perché includono nella fase “to be Lean” opportunità d'intervento differenti in funzione dei loro tempi di ritorno. Si è ipotizzata una riduzione del 50% dei costi di manutenzioni dovuti alla ridotta necessità di ricorrere alla sostituzione delle componenti su un nuovo generatore ipotizzando anche di usufruire, per i primi anni, della garanzia sul prodotto.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La sostituzione dell'attuale generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione di pari potenza che permette di ottenere valori di efficienza più elevati, riducendo il consumo di gas metano in ingresso al sottosistema di generazione e ottimizzarne la conversione in energia termica.

La caldaia a gas installata ha una potenza nominale al focolare di 230 kW che risultano sovradimensionati data la volumetria dello stabile ed in base alla diagnosi energetica prodotta. In questa fase viene sostituita con una di pari potenza rimandando negli scenari a 15 e 25 anni l'installazione di un generatore con potenza inferiore, tenendo in considerazione la potenza complessiva dei terminali di emissione e il fattore di ripresa dell'edificio.

Descrizione dei lavori

L'intervento proposto prevede le seguenti operazioni:

- smantellamento del vecchio generatore a gas;
- installazione nuovo generatore a condensazione alimentato a gas metano e del bruciatore;
- rifacimento tubazioni in centrale termica e coibentazione delle stesse;
- adeguamento impianto di distribuzione gas internamente alla Centrale Termica;
- intubamento della canna fumaria con condotto di evacuazione fumi in pressione;
- Adeguamento quadro elettrico di alimentazione ed impianto interno della centrale termica;
- Installazione del sistema di programmazione settimanale.

Figura 8.7 - Particolare del generatore di calore attuale



Prestazioni raggiungibili

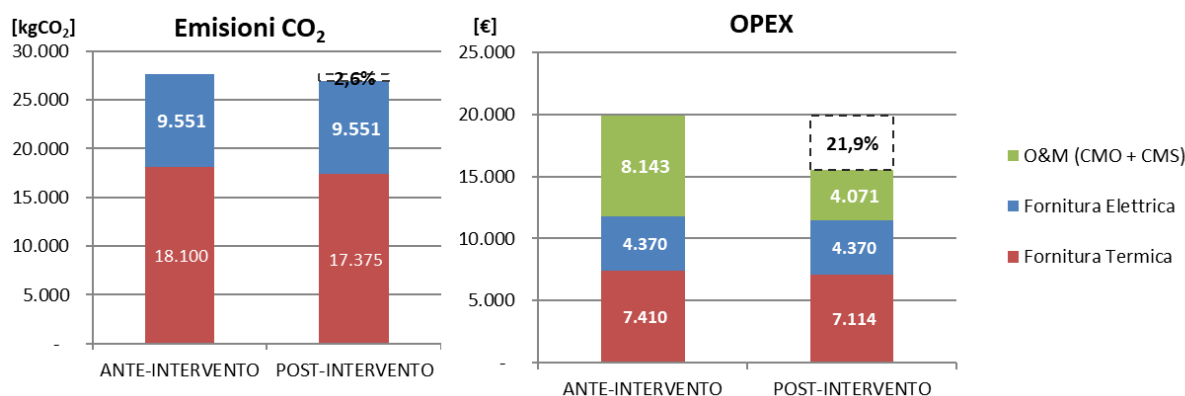
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Sostituzione generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 Efficienza sottosistema di generazione	[%]	91,8	92,7	[-]
Q _{teorico}	[kWh]	89.351	85.772	4,0%
EE _{teorico}	[kWh]	21.380	21.380	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	89.606	86.017	4,0%
EE _{baseline}	[kWh]	20.452	20.452	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.100	17.375	4,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.551	9.551	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	27.651	26.927	2,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.410	7.114	4,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.370	4.370	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.781	11.484	2,5%
C _{MO}	[€]	6.433	3.216	50,0%
C _{MS}	[€]	1.710	855	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.143	4.071	50,0%
OPEX	[€]	19.924	15.555	21,9%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA inclusa.

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

8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è costituito da una caldaia murale a metano e da boiler elettrici. Il consumo di acqua calda sanitaria è limitato e dipende dall'uso dei locali in cui sono installati. Per questa ragione non si è tenuto necessario effettuare simulazioni per questa specifica tipologia d'intervento.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema di illuminazione si può ottenere mediante la sostituzione degli attuali corpi illuminanti con un sistema di illuminazione a LED.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'attuale sistema di illuminazione è costituito da tubi al neon con potenza variabile tra i 36 ed i 58 W. Si propone di efficientare tale sistema mediante l'installazione di lampade tubolari a LED in tutti i locali della struttura.

Le nuove lampade a LED, di potenza variabile tra i 13 ed i 15 W garantiscono prestazioni ed efficienza più elevate, oltre che una migliore qualità del livello di illuminamento.

Le lampade a LED rispetto alle attuali lampade a fluorescenza garantiscono maggiore durata di vita, un maggior flusso luminoso a parità di potenza elettrica assorbita, minor calore sviluppato e accensione a freddo.

Descrizione dei lavori

Il criterio principale da seguire per la sostituzione di apparecchi illuminanti a tubi fluorescenti esistenti con apparecchi a LED è quello di utilizzare solo apparecchi a LED con le medesime caratteristiche illuminotecniche e di ingombro degli apparecchi illuminanti esistenti, in modo da non modificare la distribuzione dei corpi illuminanti dettata dai calcoli illuminotecnici di progetto né essere costretti a modificare le strutture interne.

Figura 8.9 - Particolare di una lampada fluorescente attualmente installata



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

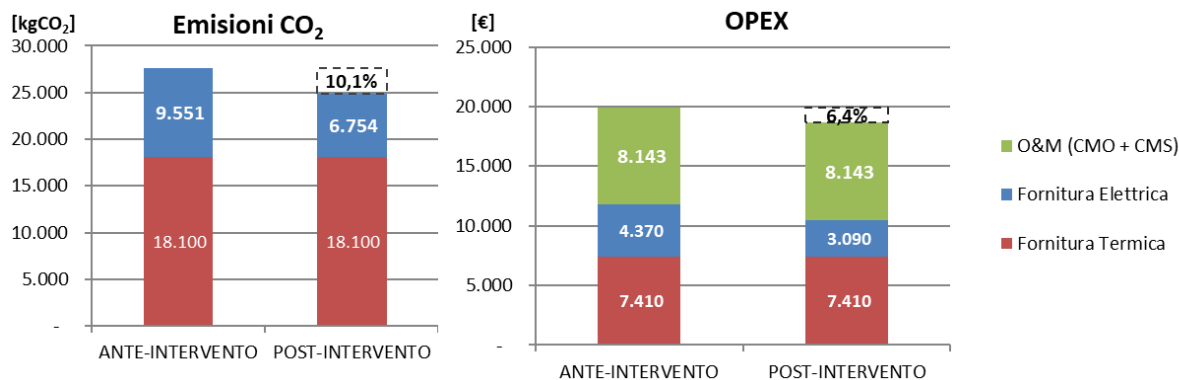
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM4 – [Installazione impianto di illuminazione LED]

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4	[-]	[-]	[-]	[-]
Q _{teorico}	[kWh]	89.351	89.351	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	21.380	15.119	29,3%
Q _{baseline}	[kWh]	89.606	89.606	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	20.452	14.463	29,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.100	18.100	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.551	6.754	29,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	27.651	24.855	10,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.410	7.410	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.370	3.090	29,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.781	10.501	10,9%
C _{MO}	[€]	6.433	6.433	0,0%
C _{MS}	[€]	1.710	1.710	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.143	8.143	0,0%
OPEX	[€]	19.924	18.644	6,4%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA inclusa.

Figura 8.10 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.5 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

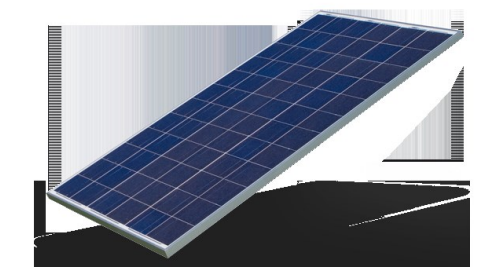
EEM6: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili – installazione di un impianto fotovoltaico

Generalità

La misura prevede l'installazione di moduli fotovoltaici sulla copertura dell'edificio. Si è tenuto conto dell'esposizione e dell'effettiva superficie utile disponibile al netto delle ombre dei corpi (alberi o strutture murali) disposti in prossimità.

Tale intervento è stato ipotizzato per lo scenario a 25 anni proposto nell'intervento della sostituzione del generatore.

Figura 8.11 – Esempio di un modulo fotovoltaico



Caratteristiche funzionali e tecniche

Il dimensionamento e l'installazione dell'impianto fotovoltaico consente di coprire i consumi elettrici dell'edificio. Come si è visto l'assorbimento maggiore è nelle ore diurne, momento in cui è possibile ottenere anche la massima produzione (unica variabile sarebbe poi l'aspetto climatico). La potenza disponibile è stata ipotizzata secondo alcune caratteristiche al contorno quali l'orientamento, l'inclinazione dei pannelli e le superfici disponibili. La massima potenza nominale si ottiene con un'esposizione diretta del pannello al Sole, con un irraggiamento nominale di 1000 Watt/metro quadro, 25°C di temperatura, posizione perpendicolare ai raggi del sole, e assenza di ombreggiamenti. Nella realtà i pannelli producono energia anche in condizioni di luce indiretta e con irraggiamento inferiore, ma in misura molto minore.

Nell'edificio in questione si è ipotizzato di installare un impianto fotovoltaico di 10 kWp.

Descrizione dei lavori

La posa comprende un modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino comprensivo dei sostegni alla struttura del tetto. Ad esso sono associati un inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento ed un quadro di controllo.

Prestazioni raggiungibili

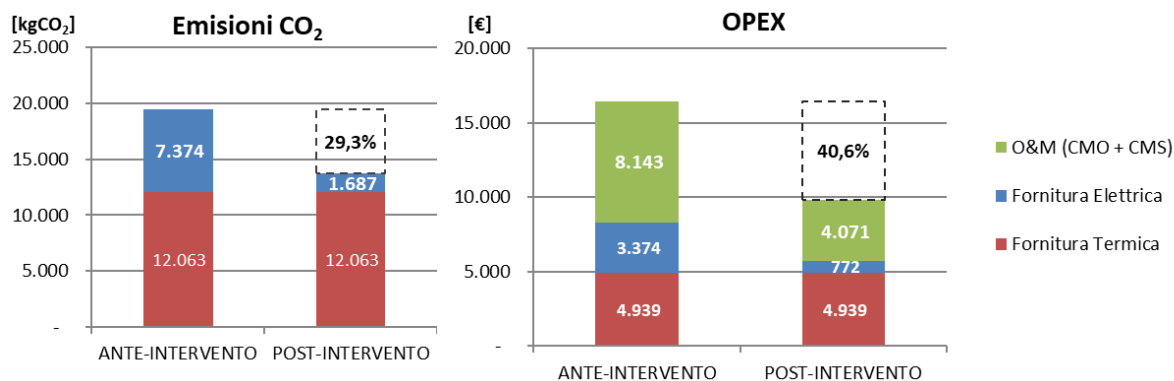
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.7– Risultati analisi EEM6 – Installazione impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
				[-]
$Q_{teorico}$	[kWh]	59.720	59.720	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	14.983	3.428	77,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	59.720	59.720	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	15.790	3.613	77,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	12.063	12.063	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.374	1.687	77,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	19.437	13.750	29,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	4.939	4.939	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.374	772	77,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.313	5.711	31,3%
C_{MO}	[€]	6.433	3.216	50,0%
C_{MS}	[€]	1.710	855	50,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	8.143	4.071	50,0%
OPEX	[€]	16.456	9.782	40,6%
Classe energetica	[-]	B	B	+0 classi

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA inclusa.

Figura 8.12 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

Le analisi economiche per determinare il valore degli interventi sono state effettuate attraverso la redazione di computi metrici utilizzando i prezzi unitari riportati nel Prezzario Opere Pubbliche della Regione Liguria.

Nel caso in cui il Prezzario Regione Liguria fosse stato sprovvisto delle voci necessarie si è fatto riferimento a prezzi unitari riportati all'interno di altri prezzari regionali o camerali di regioni o province limitrofe. Le fonti alternative utilizzate sono state: Prezzario Regionale Piemonte, Prezzario Regione Lombardia, Milano e Camera di Commercio di Reggio Emilia.

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Cappotto esterno in EPS grigio con grafite sp=12cm

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione di una cappotto esterno in EPS grigio con grafite (sp=12 cm).

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 100 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: Cappotto esterno in EPS grigio con grafite sp=12cm

DESCRIZIONE	FRONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Pannello in polietilene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC densità compresa tra mc euroclasse di resistenza al fuoco, marchiatura CE lambda pari a 0,033 W/mK, per isolamento termico di pareti e solai	Prezzario Regione Liguria	15348,6	m2cm	€ 0,64	€ 9.767,29	22%	€ 11.916,09
Solo posa si isolamento termico-acustico su superfici verticali eseguito con pannelli isolanti..... Compreso il fissaggio con chiodi di materiale plastico e la sigilatura dei giunti ..	Prezzario Regione Liguria	1279,05	m2	€ 9,84	€ 12.581,20	22%	€ 15.349,07
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	1279,05	kg	€ 0,75	€ 953,47	22%	€ 1.163,24
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	639,525	kg	€ 0,45	€ 284,88	22%	€ 347,55
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	1279,05	m2	€ 12,98	€ 16.604,39	22%	€ 20.257,36
Scrostamento intonaco fino al vivo	Prezzario Regione	1279,05	m2	€ 6,60	€ 8.441,73	22%	€ 10.298,91

della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Liguria						
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	1279,05	m2	€ 4,37	€ 5.592,94	22%	€ 6.823,38
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	1279,05	m2	€ 21,63	€ 27.662,36	22%	€ 33.748,08
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 2.456,65	22%	€ 2.997,11
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 5.732,18	22%	€ 6.993,26
TOTALE (I_b – EEM1)					€ 90.077	22%	€ 109.894
Incentivi	[Conto termico]						€ 43.957,62
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 8.791,52

EEM2: Coibentazione copertura piana con XPS + getto (sp=16+4cm)

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione della copertura piana con polistirene XPS e getto di completamento.

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 200 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.2 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM2: Coibentazione copertura piana con XPS grigio + getto sp=16+4cm

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Pannelli in polistirene espanso estruso (XPS) con o senza pelle, resistenza a compressione pari a 300 kpa (secondo la norma UNI EN 13164), euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,038 W/mK. Per isolamento termico interno ed esterno spessore 160 mm	Prezzario Regione Piemonte	485,17	m2	€ 24,91	€ 12.085,14	22%	€ 14.743,88
solo posa di isolamento termico-acustico su superfici orizzontali eseguito con pannelli isolanti, posti in opera mediante fissaggio con chiodi di materiale plastico compresa la sigillatura dei giunti con nastro adesivo plastificato	Prezzario Regione Liguria	485,17	m2	€ 4,13	€ 2.002,43	22%	€ 2.442,96
massetto semplice o armato per formazione di pendenze su coperture piane o simili costituito da impasto cementizio dosato a 300 kg di cemento 32.5R dello spessore medio di 5 cm	Prezzario Regione Liguria	485,17	m2	€ 12,75	€ 6.188,12	22%	€ 7.549,51

solo posa in opera di membrane bituminose semplici, autoprotette, mediante rinvenimento a fiamma su superfici pianeggianti o con pendenza fino a 30 gradi di inclinazione	Prezzario Regione Liguria	485,17	m2	€ 7,01	€ 3.400,60	22%	€ 4.148,73
Membrana elastoplastomerica armata con lamina di alluminio minima 60 micron accoppiata a feltro di vetro rinforzato e stabilizzato impuotrscibile . Spessore 3 mm	Prezzario Regione Liguria	485,17	m2	€ 3,44	€ 1.667,22	22%	€ 2.034,01
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 760,31	22%	€ 927,57
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.774,05	22%	€ 2.164,34
TOTALE (I₀ – EEM2)					€ 27.878	22%	€ 34.011
Incentivi	[Conto termico]						€ 13.604,40
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 2.720,88

EEM3: Termoregolazione

Nella Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 3, si ipotizza di realizzare un sistema di termoregolazione all’interno e per tutto l’edificio.

Tale intervento, se considerato da solo, non consente l’ottenimento di nessun incentivo del Conto Termico. È però un’azione obbligatoria ed un costo ammissibile per accedere agli incentivi della sostituzione del generatore. Si rimanda la descrizione all’intervento corrispondente.

Tabella 9.3– Analisi dei costi della EEM3: Installazione impianto di termoregolazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 20 mm	Prezzario Regione Liguria	73	cad	€ 37,61	€ 2.745,46	22%	€ 3.349,47
Detentori in bronzo per tubi del diametro di: 20 mm a squadra	Prezzario Regione Liguria	73	cad	€ 9,20	€ 671,60	22%	€ 819,35
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	49	h	€ 28,98	€ 1.410,45	22%	€ 1.720,75
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 144,83	22%	€ 176,69
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 337,93	22%	€ 412,27
TOTALE (I₀ – EEM3)					€ 5.310	22%	€ 6.479
Incentivi	[Conto termico]						0
Durata incentivi							0
Incentivo annuo							0

EEM4: Efficientamento impianto di illuminazione mediante installazione dei LED

Nella Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 4, si ipotizza di sostituire i corpi illuminanti (lampade e plafoniere) di tutti gli elementi dell’edificio.

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 35 €/m² e di un

valore massimo dell’incentivo non superiore ai 70.000 €. Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati i risultati della quantificazione dell’incentivo al 40%.

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM4: Efficiamento del sistema di illuminazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Milano	285	cad	€ 5,21	€ 1.484,59	22%	€ 1.811,20
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Milano	285	cad	€ 89,96	€ 25.639,64	22%	€ 31.280,36
Lampade lineari a LED non dimmerabili 9 - 10W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	269	cad	€ 26,10	€ 7.020,90	22%	€ 8.565,50
Lampade lineari a LED non dimmerabili 15W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	16	cad	€ 35,17	€ 562,76	22%	€ 686,57
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.041,24	22%	€ 1.270,31
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.429,55	22%	€ 2.964,05
TOTALE (I₀ – EEM4)					€ 38.179	22%	€ 46.578
Incentivi	[Conto termico]						€ 18.631,20
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 3.726,24

EEM5: Efficiamento generatore di calore

Nella Tabella 9.15 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 5, si ipotizza di realizzare una sostituzione del generatore esistente e tradizionale con una caldaia a condensazione più efficiente.

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:

La tabella 8 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 130 €/kWt e di un valore massimo dell’incentivo non superiore ai 40.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all’isolamento termico delle superfici opache di tipologia 1.A la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.5 sono riportati i risultati della quantificazione dell’incentivo al 40%.

Tabella 9.5– Analisi dei costi della EEM5: Sostituzione generatore di calore

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione generatore esistente - taglia caldaia esistente Pn > 116 e Pn <= 250	CCIAA RE	1	cad	€ 1.297,18	€ 1.297,18	22%	€ 1.582,56
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 comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 200 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 10.453,50	€ 10.453,50	22%	€ 12.753,27

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	€	211,60	€	211,60	22%	€	258,15
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	357,07	€	357,07	22%	€	435,63
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	8	cad	€	19,21	€	153,67	22%	€	187,48
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	25,87	€	25,87	22%	€	31,56
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	109,64	€	109,64	22%	€	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	27,01	€	27,01	22%	€	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	133,40	€	133,40	22%	€	162,75
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	69,52	€	69,52	22%	€	84,81
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	8	h	€	31,28	€	250,25	22%	€	305,31
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	20	h	€	28,98	€	579,64	22%	€	707,16
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	50	m³km	€	4,29	€	214,55	22%	€	261,75
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€	416,49	22%	€	508,11
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€	971,80	22%	€	1.185,60
TOTALE (I₀ – EEM5)						€	15.271	22%	€	18.631
Incentivi	[Conto termico]									€ 7.452,34
Durata incentivi										5
Incentivo annuo										€ 1.490,47

EEM6: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili – installazione di un impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 6, si ipotizza di realizzare una sostituzione del generatore esistente e tradizionale con una caldaia a condensazione più efficiente.

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:

La tabella 8 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 130 €/kWt e di un valore massimo dell’incentivo non superiore ai 40.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all’isolamento termico delle superfici opache di tipologia 1.A la percentuale incentivata della spesa

ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.6 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM6: Installazione impianto fotovoltaico

DESCRIZIONE	FONTI PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da:							
1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato).							
	Prezzario Regione Lombardia	10	kWp	€ 2.466,80	€ 24.668,00	22%	€ 30.094,96
2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento.							
3. Quadro di parallelo inverter.							
4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie.							
5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale.							
Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie							
Con potenza complessiva per singolo impianto: da 7 fino a 20 kWp							
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 740,04	22%	€ 902,85
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.726,76	22%	€ 2.106,65
TOTALE (I₀ – EEM6)					€ 27.135	22%	€ 33.104
Incentivi	[Conto termico]						0
Durata incentivi							0
Incentivo annuo							0

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

- 1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Cappotto esterno in EPS grigio con grafite sp=12cm

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Cappotto esterno in EPS grigio con grafite sp=12cm

PARMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	109.894
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	8.792
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	33,9	19,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	53,2	33,0
Valore attuale netto	VAN	- 49.374	- 10.236
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,9%	2,7%
Indice di profitto	IP	-0,45	-0,09

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

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

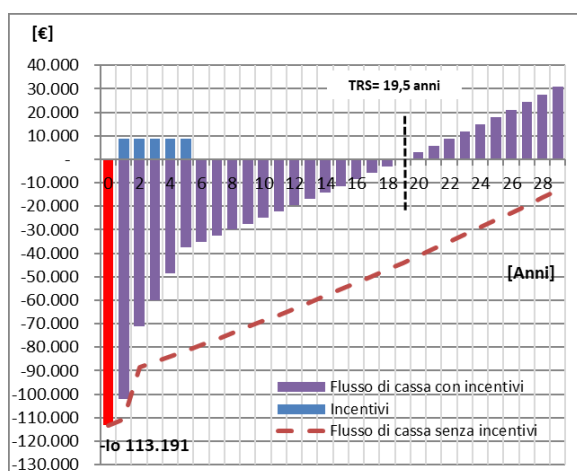
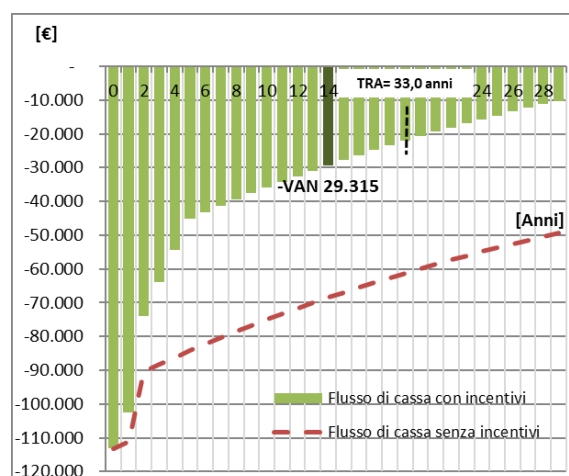


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di cappottatura delle facciate verticali esterne ha un TRS di 19,5 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei

costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 33,9 anni.

EEM2: Coibentazione copertura piana con XPS grigio + getto sp=16+4cm

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione copertura piana con XPS grigio + getto sp=16+4cm

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 34.011
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno 2.721
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 22,6	12,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA 38,0	20,8
Valore attuale netto	- 7.395	4.718
Tasso interno di rendimento	TIR 1,9%	5,7%
Indice di profitto	IP -0,22	0,14

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

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

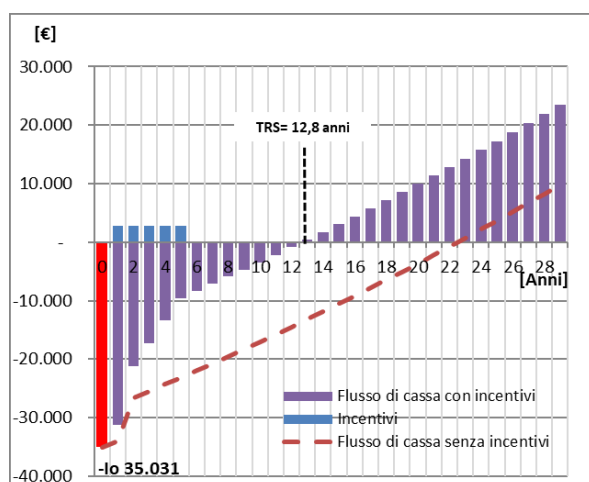
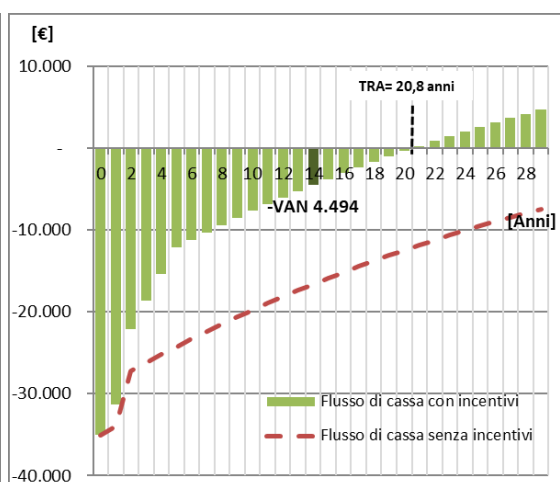


Figura 9.4– EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di cappottatura delle facciate verticali esterne ha un TRS di 12,8 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei

costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 22,6 anni.

EEM3: Termoregolazione

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

Tabella 9.9– Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Termoregolazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	6.479
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	22,7	22,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	28,6	28,6
Valore attuale netto	VAN	- 3.173	3.173
Tasso interno di rendimento	TIR	-6,0%	-6,0%
Indice di profitto	IP	-0,49	-0,49

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

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

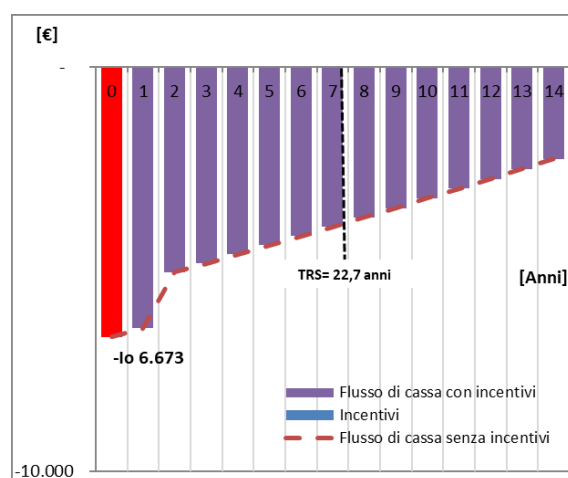
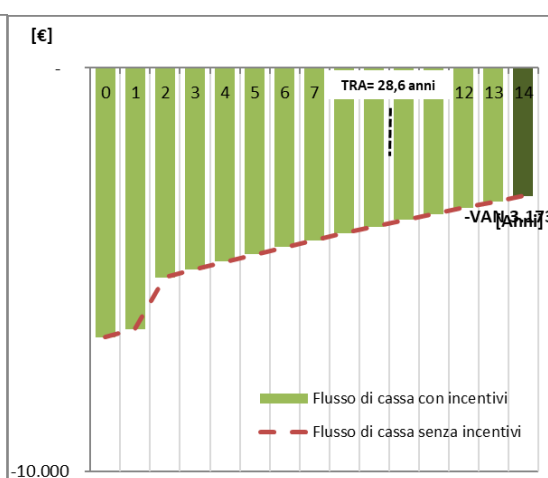


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento della termoregolazione ha un TRS di 22,7 anni considerando che come singolo intervento non è previsto il contributo del Conto Termico, pertanto

tale intervento può essere preso in considerazione solamente se aggregato con la sostituzione del generatore, la sua voce di costo è ammissibile all'interno di quello totale del generatore, tuttavia tale intervento è necessario per l'aumento delle percentuali di sovvenzione previste del conto termico laddove si preveda anche la coibentazione dell'involucro opaco e la sostituzione degli infissi.

EEM4: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

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

Tabella 9.10– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 46.578
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 8
Incentivo annuo	B	€/anno 3.726
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs	23,8 / 11,0
Tempo di rientro attualizzato	TRa	26,7 / 12,4
Valore attuale netto	VAN	- 33.615 / - 17.027
Tasso interno di rendimento	TIR	-26,6% / -9,8%
Indice di profitto	IP	-0,72 / -0,37

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

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

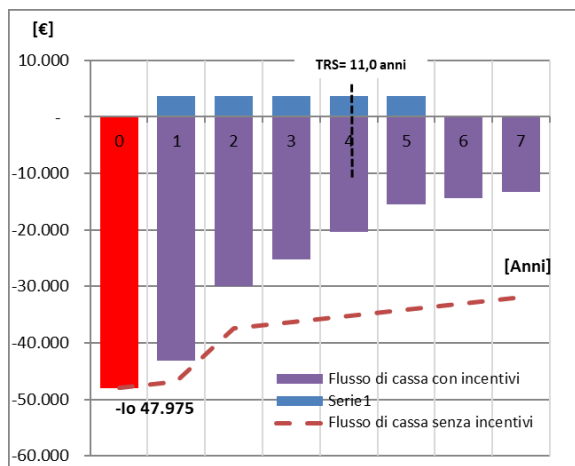
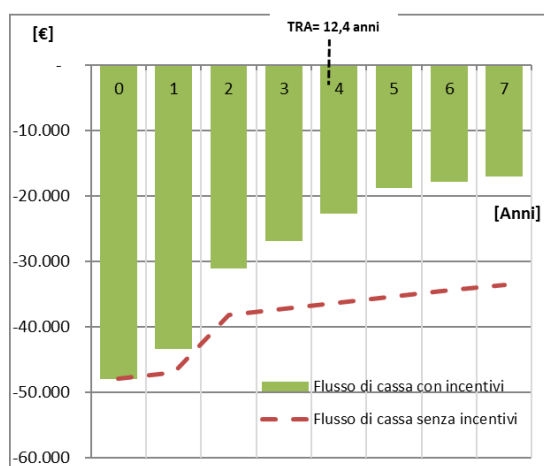


Figura 9.8– EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di sostituzione dei sistemi di illuminazione esistenti con nuovi a LED ha un TRS di 11 anni considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi. Pertanto tale intervento può essere preso in considerazione su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno risulta essere troppo alto anche prendendo in considerazione scenari su lungo periodo in quanto il TRS è di 23,8 anni. Tuttavia è necessario valutare il fatto che la vita utile di tali sistemi è di circa 8 anni e pertanto dovrebbe essere prevista una loro sostituzione su periodi superiori, in questo caso gli interventi potrebbero non essere più convenienti come è dimostrato dal valore del VAN negativo nel caso non incentivato.

EEM5: Efficiamento generatore di calore

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

Tabella 9.11– Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5– Sostituzione del generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 18.631	
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 1.490	
Durata incentivo	n_B	5	
Tasso di attualizzazione	i	3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	4,5	3,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,0	3,5
Valore attuale netto	VAN	23.197	29.832
Tasso interno di rendimento	TIR	20,1%	26,7%
Indice di profitto	IP	1,25	1,60

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

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

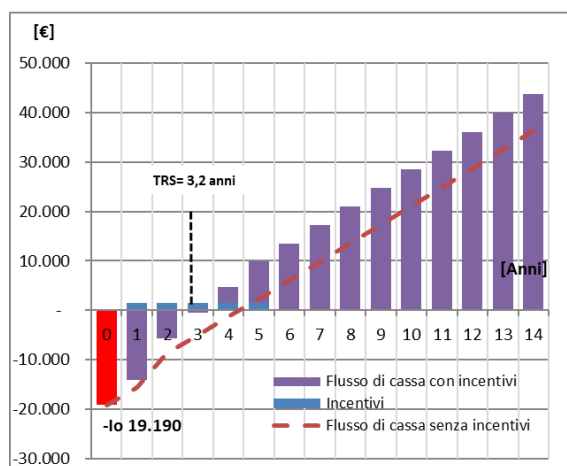
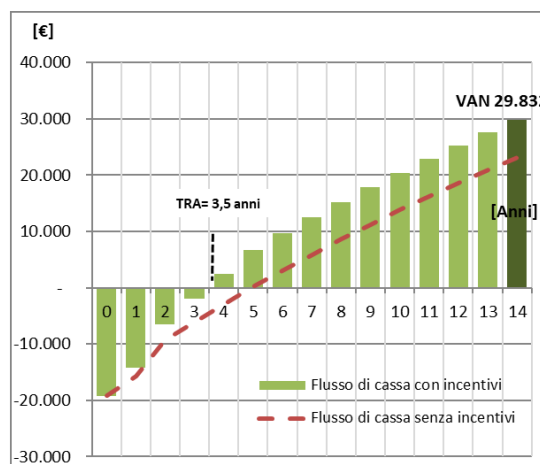


Figura 9.10– EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di sostituzione del generatore ha un TRS di 3,2 anni considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 55% dei costi invece che il 40% perché nella strategia di efficientamento sono state prese in considerazione misure di coibentazione sull’involucro, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 4,5 anni.

EEM6: Installazione Impianto Fotovoltaico scenario 25 anni

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

Tabella 9.12– Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6– Installazione Impianto Fotovoltaico scenario 25 anni

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€ 33.104
Oneri Finanziari %I ₀	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 20
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n _B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,9
Valore attuale netto	VAN	48.446
Tasso interno di rendimento	TIR	18,4%
Indice di profitto	IP	1,46

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.2.

Figura 9.11–EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

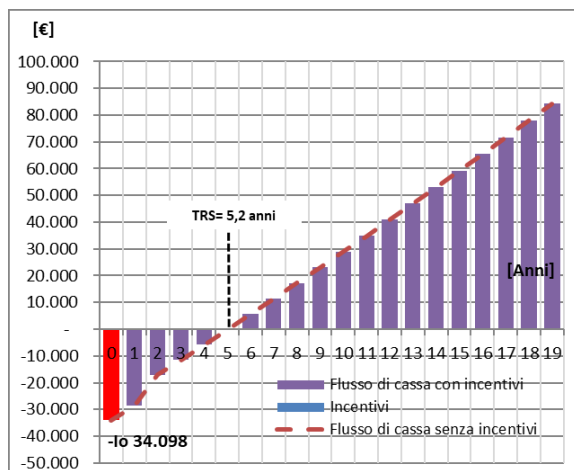
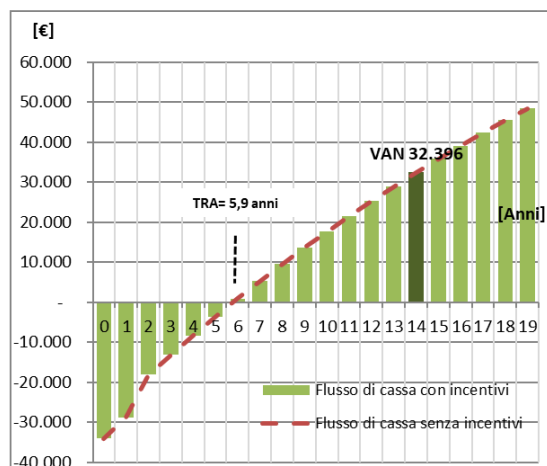


Figura 9.12– EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento installazione di un impianto fotovoltaico ha un TRS di 5,2 anni senza incentivi dal Conto Termico. Per questo non c’è alcuna differenza tra lo scenario senza e con incentivo. La valutazione economica risultante consente un risparmio energetico anche a fronte di una spesa con importo pieno.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e Tabella 9.4. Dall’analisi dei risultati emerge che senza incentivi solo la sostituzione generatore è sostenibile sul medio/breve periodo, tutti gli altri interventi nell’ambito della categoria “to be lean” hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 20 anni. Infine si distingue in “to be green” l’intervento d’installazione del fotovoltaico con un TRS sostenibile.

Tabella 9.14

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

SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	23,8	24,8	2.807	0	0	-109.894	33,9	53,2	-49.3740	-0,9	-0,45
EEM 2	11,5	12	1.355	0	0	34.011	22,6	38	-7.395<0	1,9	-0,22
EEM 3	2,2	2,3	257	0	0	-6.479	22,7	28,6	-3.173<0	-6	-0,49
EMM 4	10,9	10,1	1.280	0	0	-46.578	23,8	26,7	- 33.615<0	-26,6	-0,72
EMM 5	2,5	2,6	296,8	3.216	855	-18.631	4,5	5	23.197>0	20,1	1,25
EMM 6	31,3	29,3	2.602	3.216	855	-33.104	5,2	5,9	48.446>0	18,4	1,46

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

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

Dall’analisi dei risultati emerge che senza incentivi solo la sostituzione generatore è sostenibile sul medio/breve periodo, tutti gli altri interventi nell’ambito della categoria “to be lean” hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 20 anni. Infine si distingue in “to be green” l’intervento d’installazione del fotovoltaico con un TRS sostenibile.

Tabella 9.14 – 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]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	23,8	24,8	2.807	0	0	-109.894	19,5	33	- 10.236<0	2,7	-0,09
EEM 2	11,5	12	1.355	0	0	34.011	12,8	20,8	4.718	5,7	0,14
EEM 3	2,2	2,3	257	0	0	-6.479	22,7	28,6	-3.173<0	-6	-0,49
EMM 4	10,9	10,1	1.280	0	0	-46.578	11	12,4	17.027<0	-9,8	-0,37
EMM 5	2,5	2,6	296,8	3.216	855	-18.631	3,2	3,5	29.932>0	26,7	1,60
EMM 6	31,3	29,3	2.602	3.216	855	-33.104	5,2	5,9	48.446>0	18,4	1,46

Dall’analisi dei risultati emerge che grazie agli incentivi previsti dal Conto Termico del D.M. del 16 febbraio 2016 tutti gli interventi simulati a parte quello riguardante la realizzazione della termoregolazione raggiungono dei tempi di ritorno semplici inferiori ai 25 anni. In queste condizioni sono pertanto ipotizzabili aggregazioni di interventi sostenibili economicamente sia se venissero finanziati direttamente dal Comune di Genova sia attraverso il coinvolgimento di ESCO con FTT. Si segnala inoltre che interventi aggregati sull’intero sistema edificio impianti consentono di aumentare la percentuale di contribuzione relativa al meccanismo incentivante del Conto Termico, migliorando ulteriormente la sostenibilità economica.

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: Scenario ottimale TRS≤15 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di interventi di efficientamento dell’involucro termico e del sistema impiantistico
- **Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di interventi di efficientamento dell’involucro termico e del sistema impiantistico

9.3.1 Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni

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

EEM 2: Coibentazione copertura piana

EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione

EEM 4: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led

EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	25343,5	5575,6	30919
EEM3 Fornitura & Posa	4827,5	1062	5889,6
EEM4 Fornitura & Posa	34707,9	7635,7	42343,6
EEM5 Fornitura & Posa	12658	2785	15443
Costi per la sicurezza	2326	512	2838
Costi per la progettazione	8428	1194	6622
TOTALE (I₀)	85291	18764	104055
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	3.216	855	4.071
TOTALE (C_M)	3.216	855	4.071
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	50244	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		10049	

Nota (17): Incentivo calcolato secondo regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 previste dal conto termico 2.0. Per tali interventi la quota incentivabile della spesa ammissibile è pari al 55%, ad eccezione dell’EEM 4 per cui la quota incentivabile è pari al 40%.

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

Figura 9.13 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

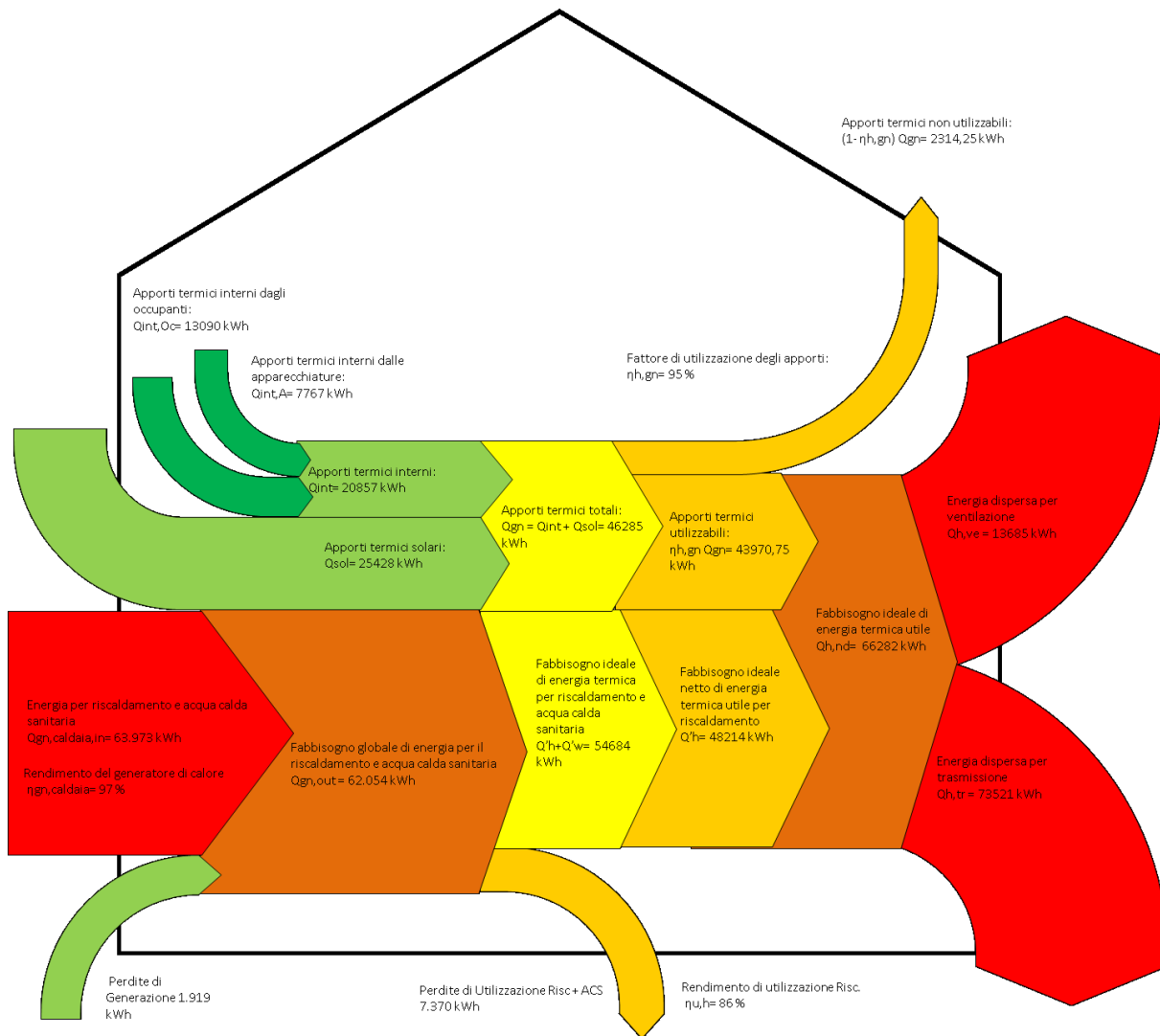
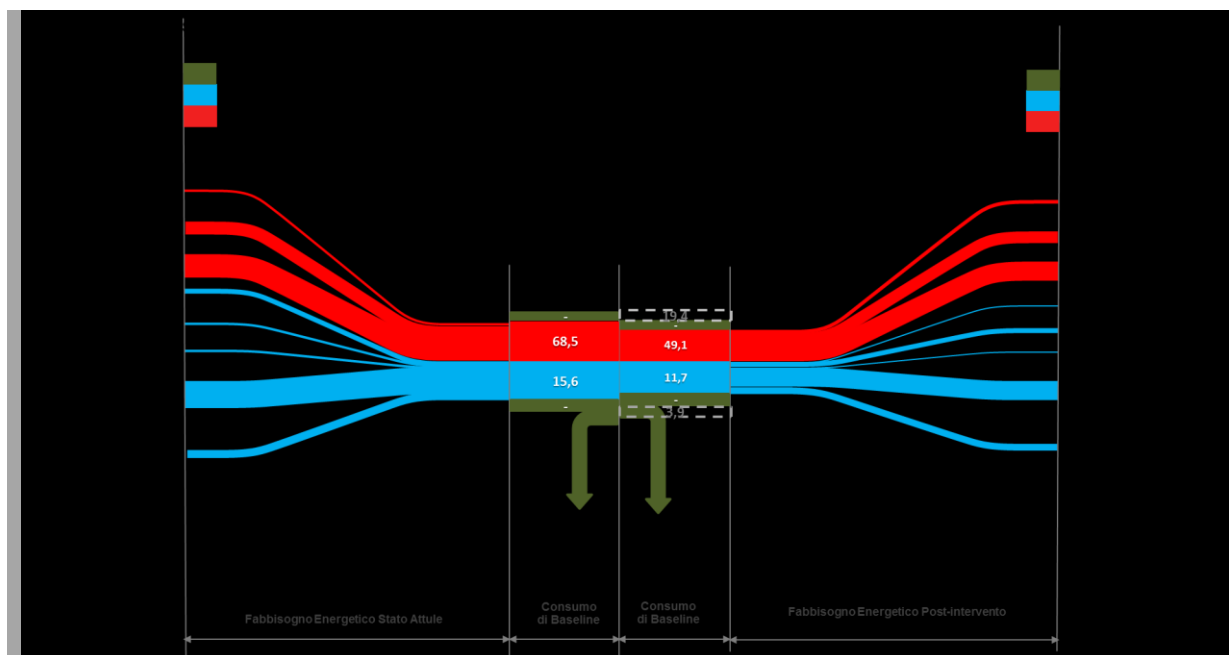


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



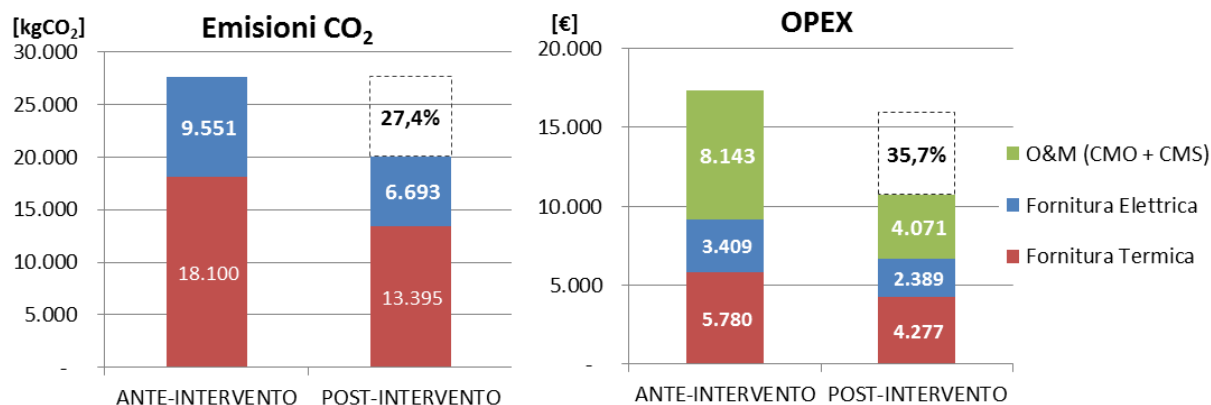
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1 – Scenario ottimale TRS≤15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM2 [Trasmitanza termica]	[W/m²K]	1,47	0,2	86,4%
EM3 [Efficienza sottosistema di generazione]	[%]	90,50%	91,20%	-0,8%
EM4	[-]	[-]	[-]	[-]
EM5 [Efficienza sottosistema di generazione]	[%]	89.351	66.121	26,0%
Q _{teorico}	[kWh]	89.351	66.121	26,0%
EE _{teorico}	[kWh]	21.380	14.983	29,9%
Q _{baseline}	[kWh]	89.606	66.310	26,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	20.452	14.333	29,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.100	13.395	26,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.551	6.693	29,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	27.651	20.088	27,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.780	4.277	26,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.409	2.389	29,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.189	6.666	27,5%
C _{MO}	[€]	6.433	3.216	50,0%
C _{MS}	[€]	1.710	855	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.143	4.071	50,0%
OPEX	[€]	14.527	9.335	35,7%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

Nota (18) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico- elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,065 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,167 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

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

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Scenario ottimale TRS≤15 anni

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 104.055
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.122
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 107.177
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 85.741
Equity	I_E	€ 21.435
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 10.328
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 103.280

Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	17.539
-------------------------------------	-------------------------	---	--------

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	9.189
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	6.352
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	15.541
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		27,5%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	4.947
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	155
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	25.223
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	6.824
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		10,62%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	813
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.253
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.726
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	3.297
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	7.296
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	10.593
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	4.792
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	15.385
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	18.764
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	50.244
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		8,44
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		12,89
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	5.190
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		5,08%
Indice di Profitto	IP		4,99%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		3,45
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		3,86
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	3.767
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$		17,87%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$		1,099
Loan Life Cover Ratio	$LLLCR < 1$		0,960
Indice di Profitto Azionista	IP		3,62%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



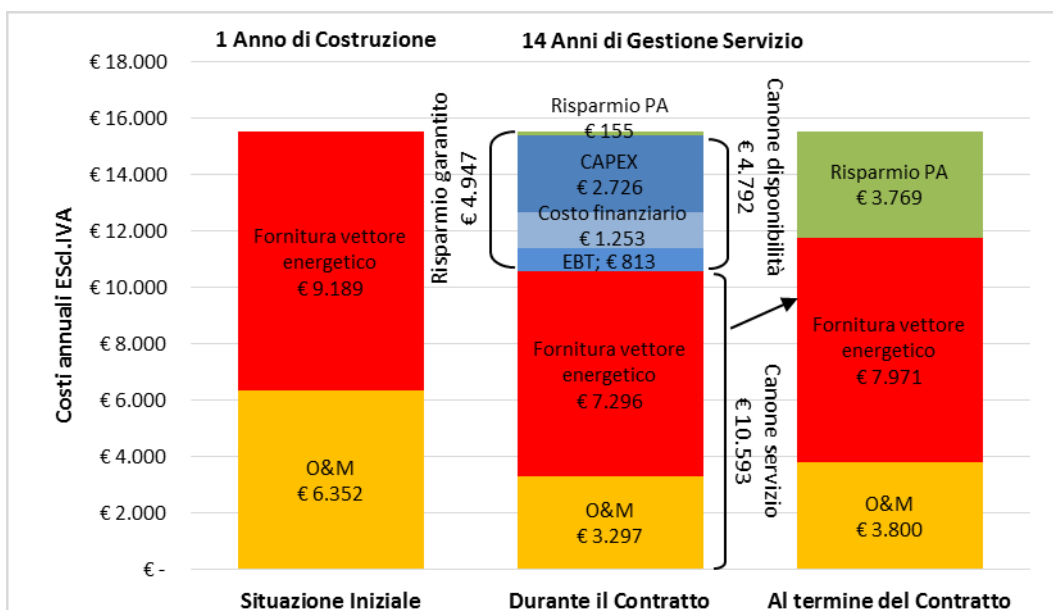
Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti. Si segnala un periodo di criticità nei flussi di cassa dell’azionista tra il nono ed il dodicesimo anno.

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

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni

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

EEM 2: Coibentazione copertura piana

EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione

EEM 4: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led

EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore

EEM 6: Installazione impianto fotovoltaico

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	25343,5	5575,6	30919
EEM3 Fornitura & Posa	4827,5	1062	5889,6
EEM4 Fornitura & Posa	34707,9	7635,7	42343,6
EEM5 Fornitura & Posa	12658	2785	15443
EEM6 Fornitura & Posa	24668	5427	30095
Costi per la sicurezza	3066	675	3741
Costi per la progettazione	7154	1574	8728
TOTALE (I₀)	112425	24734	137159
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	3.216	855	4.071
EEM6 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	3.216	855	4.071
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	50244	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		20049	

Nota (17): Incentivo calcolato secondo regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 previste dal conto termico 2.0. Per tali interventi la quota incentivabile della spesa ammissibile è pari al 55%, ad eccezione dell'EEM 4 per cui la quota incentivabile è pari al 40% e la EEM 6 per cui non è prevista incentivazione.

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

Figura 9.19 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

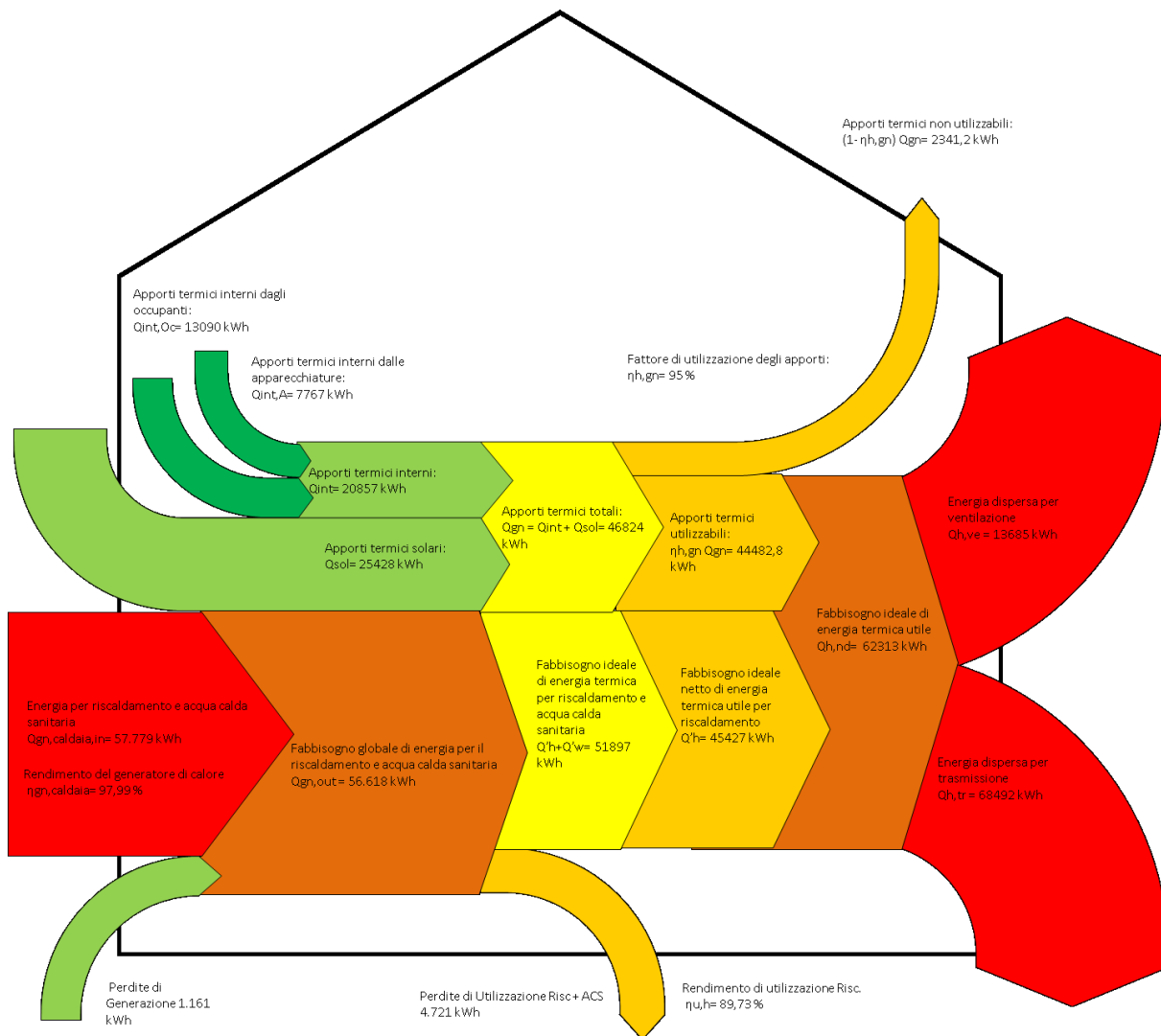
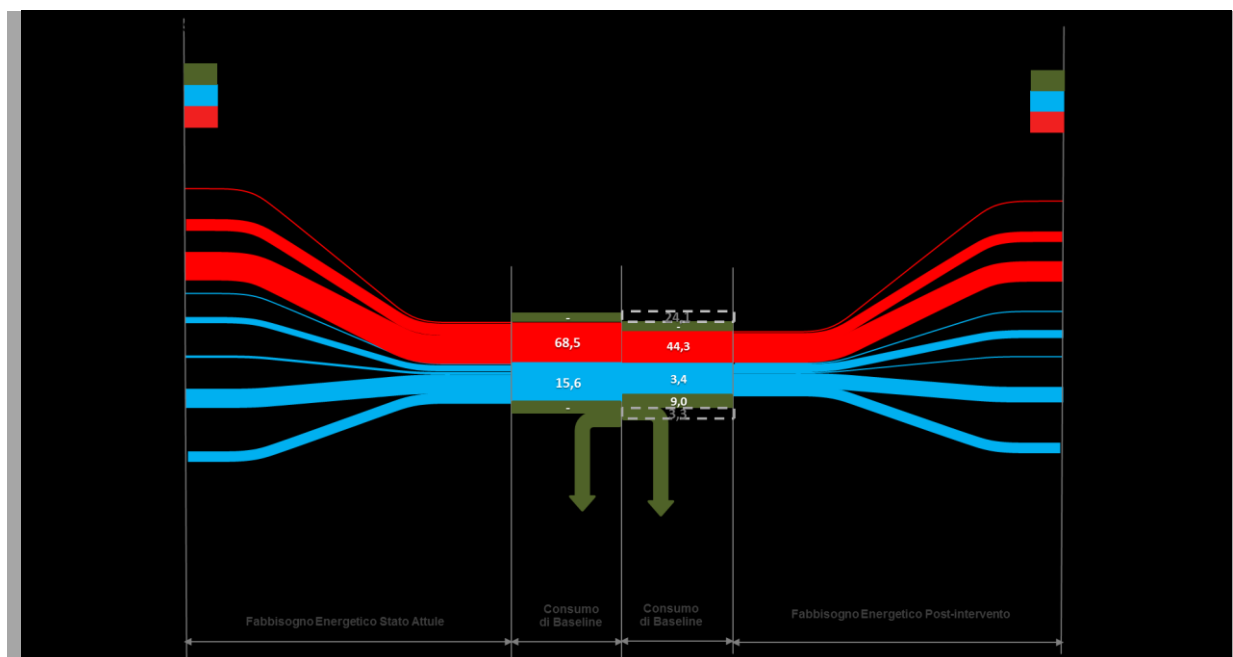


Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15

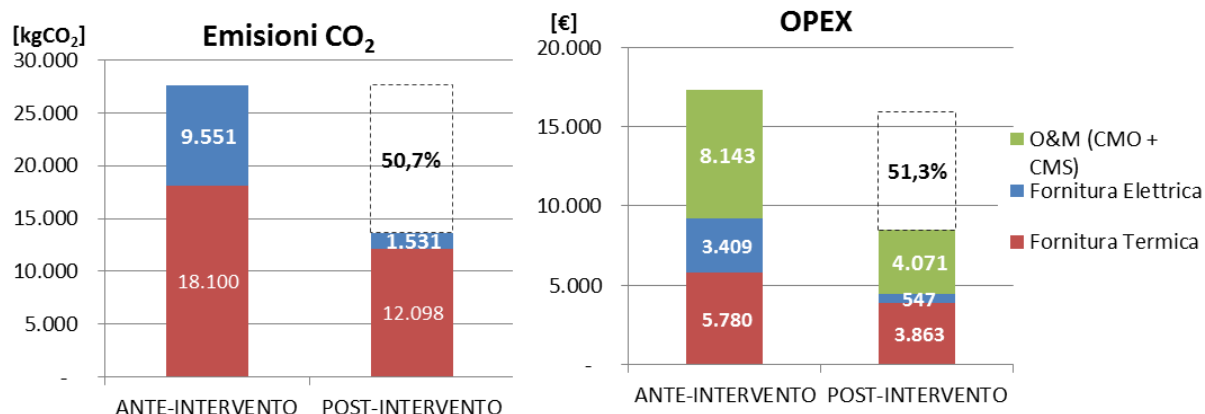
Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2 – Scenario ottimale TRS_{≤25} anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM2 [Trasmitanza termica]	[W/m ² K]	1,47	0,2	86,4%
EM3 [Efficienza sottosistema di generazione]	[%]	90,50%	91,20%	-0,8%
EM4	[-]	[-]	[-]	[-]
EM5 [Efficienza sottosistema di generazione]	[%]	91,1	92,7	-1,8%
EM6	[-]	[-]	[-]	[-]
Q _{teorico}	[kWh]	89.351	59.720	33,2%
EE _{teorico}	[kWh]	21.380	3.428	84,0%
Q _{baseline}	[kWh]	89.606	59.890	33,2%
EE _{baseline}	[kWh]	20.452	3.279	84,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.100	12.098	33,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.551	1.531	84,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	27.651	13.629	50,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.780	3.863	33,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.409	547	84,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.189	4.410	52,0%
C _{MO}	[€]	6.433	3.216	50,0%
C _{MS}	[€]	1.710	855	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.143	4.071	50,0%
OPEX	[€]	14.527	7.079	51,3%
Classe energetica	[-]	D	B	+2 classi

Nota (18) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico- elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,065 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,167 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



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

I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Scenario ottimale TRS≤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	€ 137.160
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 4.115
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 141.275
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 113.020
Equity	I_E	€ 28.255
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 13.614
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 136.139
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 23.119

Tabella 9.23 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 9.189
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.352
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€ 15.541
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	52,0%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 7.019
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 777
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 84.155
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 10.727

N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	42,74%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 2.516
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 963
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 2.762
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 3.382
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 5.140
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 8.522
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 6.242
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 14.763
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 24.734
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 50.244
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.24 – 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.	10,76
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	16,16
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 22.891
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	6,35%
Indice di Profitto	IP	16,69%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	14,38
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	18,06
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 6.421
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	12,54%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,028
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,574
Indice di Profitto Azionista	IP	4,68%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

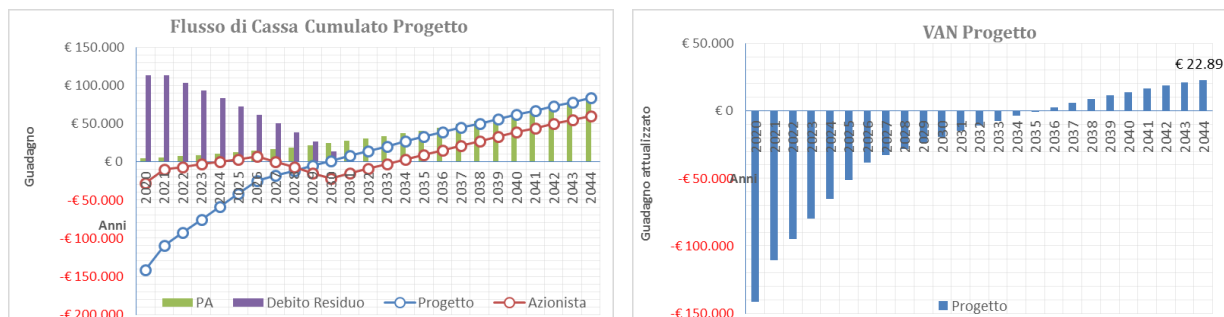
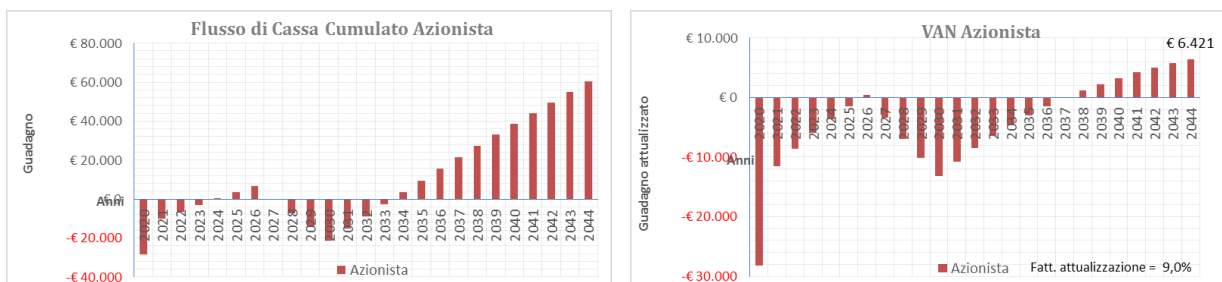


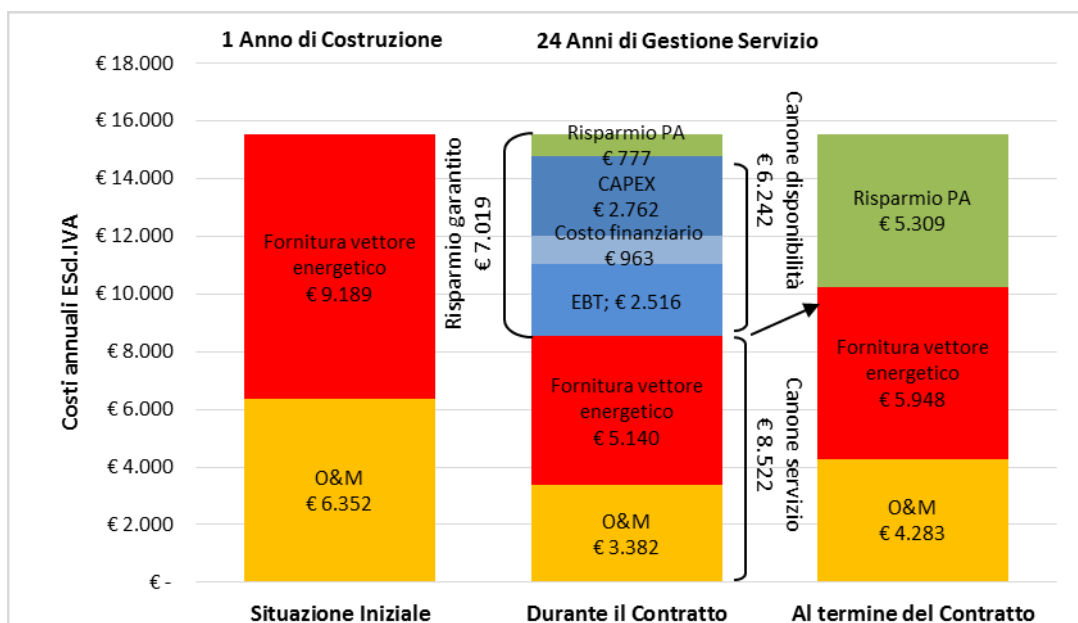
Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti. Si segnala un periodo di criticità nei flussi di cassa dell’azionista tra il settimo ed il quattordicesimo anno.

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 9.24 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l’edificio che ospita la Scuola Elementare “Manfredi” e Scuola Materna Statale “Via Somma” presenta varie possibilità di efficientamento. Tale obiettivo potrebbe essere raggiunto attraverso la realizzazione di misure di efficientamento energetico con tempi di ritorno semplici piuttosto contenuti considerando la possibilità di accedere agli incentivi previsti per le PA dal “Conto Termico”. Sono stati inoltre simulati alcuni scenari su medio lungo periodo prevedendo interventi aggregati i cui costi/benefici potrebbero essere appetibili per un intervento che vede il coinvolgimento di investitori privati ed ESCo.

Nei paragrafi seguenti sono riportate le conclusioni del processo di audit attraverso:

riassunto degli indici di performance energetica

- lista delle raccomandazioni ed opportunità di risparmio energetico con la stima della loro fattibilità tecnico – economica;
- programma di attuazione delle raccomandazioni proposte;
- potenziali interazioni fra le raccomandazioni proposte;
- proposta di un piano di misure e verifiche per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l’implementazione delle raccomandazioni.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si riportano di seguito gli indici di prestazione energetica conseguenti all’attuazione degli scenari ottimali SCN1 e SCN2.

Tabella 10.1 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ANTE INTERVENTO		SCN1		SCN2		
		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	
Globale non rinnovabile	EP _{gl}	kWh/mq anno	96.3	102.2	68	71.8	53	63
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	65.9	66	46.9	47	41.5	41.6
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _W	kWh/mq anno	11.5	12.7	11.5	12.7	7.82	10
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	19	23.5	9.75	12.1	3.7	11.3
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	18	20	13	14	9.2	11

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Sulla base delle analisi tecnico-economiche effettuate sulle singole misure di efficienza energetica è stato possibile definire un elenco di interventi prioritari oltre che due possibili scenari aggregati.

L’elenco delle priorità è stato definito sulla base del valore di TRS raggiunto. Le EEM con un valore minore saranno le prime che si suggerisce di realizzare mentre quelle con TRS più alto dovranno essere realizzate in seguito.

Inoltre le opportunità di intervento sono state definite sulla base delle fattibilità tecniche ed economiche, privilegiando gli interventi “to be lean” rispetto a quelli “to be clean” e “to be green” suddivise sulla base di quanto indicato

Gli interventi “to be lean” simulati sono stati:

- EEM 1: Isolamento a cappotto in EPS grigio con grafite sp=12cm
- EEM 2: Coibentazione copertura calpestabile con polistirene xps ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm
- EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 4: Installazione di sistemi di illuminazione a LED

Gli interventi “to be clean” simulati sono stati:

- EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore

Gli interventi “to be green” sono stati:

- EEM 6 Installazione impianto fotovoltaico

Successivamente sono stati individuati due scenari di interventi aggregati su cui sono state calcolati gli indicatori economici a 15 e a 25 anni:

Interventi previsti nello scenario a 15 anni:

EEM 1: Isolamento a cappotto in EPS grigio con grafite sp=12cm

EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione

EEM 4: Installazione di sistemi di illuminazione a LED

EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore

Interventi previsti nello scenario a 25 anni:

EEM 1: Isolamento a cappotto in EPS grigio con grafite sp=12cm

EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione

EEM 4: Installazione di sistemi di illuminazione a LED

EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore

EEM 6 Installazione impianto fotovoltaico

Tabella 10.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be Lean, caso con incentivi

	CON INCENTIVI												
	% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	23,8	24,8	2.807	0	0	109.894	19,5	33	10.236<0	2,7	-0,09	n/a	n/a
EEM 2	11,5	12	1.355	0	0	34.011	12,8	20,8	4.718	5,7	0,14	n/a	n/a
EEM 3	2,2	2,3	257	0	0	-6.479	22,7	28,6	3.173<0	-6	-0,49	n/a	n/a
EEM 4	10,9	10,1	1.280	0	0	-46.578	11	12,4	17.027<0	-9,8	-0,37	n/a	n/a

Tabella 10.3 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be clean, caso con incentivi

	CON INCENTIVI												
	% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR

	[%]	[%]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EMM 5	2,5	2,6	296,8	3.216	855	-18.631	3,2	3,5	29.932 >0	26,7	1,60	n/a	n/a

Tabella 10.4 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be green, caso con incentivi

CON INCENTIVI													
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EMM 6	31,3	29,3	2.602	3.216	855	-33.104	5,2	5,9	48.446 >0	18,4	1,46	n/a	n/a

Tabella 10.5 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica scenari di intervento a 15 e 25 anni, caso con incentivi

CON INCENTIVI													
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	27,5	27,5	2.522*	2.509*	667*	104.05 5	8,9	13,7	2.566 >0	4,5	0,02	1,06	0,90
SCN 2	52	50,7	4.779*	2.509*	667*	137.16 0	10,6	15,7	29.592 >0	6,8	0,22	1	1,48

*secondo il documento di F.A.Q. quesito 35 nelle analisi economiche e finanziarie degli scenari i risparmi economici sono considerati al netto dell'IVA

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

In conclusione è possibile ipotizzare che gli interventi simulati negli scenari aggregati possano essere realizzati sia attraverso investimenti propri del comune di Genova sia attraverso l'attivazione di un Energy Performance Contracting di durata pluriennale, con una ESCo, in cui è previsto il raggiungimento della prestazione di efficientamento energetico simulata e riportata nel presente Rapporto di Diagnosi e di anno in anno verificata e monitorata.

Il risparmio garantito negli EPC è pertanto un valore contrattuale e la ESCo dovrà garantire annualmente il raggiungimento di tale performance calcolata in unità fisiche (es. MWh, lt, mc, ecc.). Se il risparmio ottenuto sarà minore rispetto a quello previsto da contratto il valore economico dell'extra consumo dovrà essere rimborsato dalla ESCo alla pubblica amministrazione secondo procedure stabilite dal contratto stesso. Se il risparmio è più alto rispetto al previsto il valore economico dell'extra-risparmio sarà diviso tra la ESCo e la P.A. proprietaria dell'edificio in accordo con la metodologia definita dal contratto (es. 70%-30%)

L'attendibilità del valore del risparmio energetico raggiunto dipende dalla qualità delle misure e delle verifiche (M&V) effettuate. Per rendere il processo il più trasparente possibile è necessario allegare al contratto EPC un Piano di Verifica e Monitoraggio della Prestazione e prevedere una VERIFICA DI PARTE TERZA.

All'interno dei Contratti EPC dovrà pertanto essere allegato un **Piani di Verifica e Monitoraggio della Prestazione** redatto in ottemperanza di quanto previsto dalla metodologia indicata dall'International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)

All'interno dei PMVP dovranno essere definite le modalità di misura e verifica delle prestazioni prevedendo la possibilità di verifiche delle frequenze di utilizzo, aggiustamenti e normalizzazione sulla base degli effettivi volumi riscaldati e delle condizioni climatiche.

Si suggerisce inoltre di prevedere la creazione di una commissione paritetica costituita da tre esperti, uno in rappresentanza del Comune di Genova uno della Esco ed uno esterno, i cui ruoli potrebbero essere definiti all'interno del PMVP, a titolo di esempio vengono riportati i possibili ruoli e funzioni all'interno della commissione:

- Raccolta dati dai meter (ESCo expert)
- Raccolta dati delle temperature esterne (ESCo expert)
- Verifica dei volumi riscaldati e dei fattori di occupazione (P.A. expert)
- Verifica delle temperature interne (P.A. expert)
- Verifica dei prezzi dell'energia (ESCo expert)
- Aggiustamenti e normalizzazioni (Terza parte expert)
- Approvazione delle misure e verifiche (Tutti)
- Report e definizione dei risparmi ottenuti (Terza parte expert)

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
01_Planimetrie	08.11.17	01_Involucro E00054, E00054S, PIAN1, PIAN1SS, PIAN2, PIANC, PIAN1, UIU001
		02_Termici 028-S01-001-CENTRALE TERMICA, L1-042- 028-P00, L1-042-028-P01, L1-042-028-P02, L1-042-028-S01, L1-042-028-P00-Checklist, L1-042-028-P01-Checklist, L1-042-028-P02- Checklist, L1-042-028-S01-Checklist
		03_Elettrici vuoto
02_Manutenzioni	08.11.17	01_Involucro vuoto
		02_Termici vuoto
		03_Elettrici vuoto
		04_FER vuoto
Bollette gas 2014	19.07.18	20141121808
Bollette gas 2015	19.07.18	20151687, P150007518, P150015576 P150019771, P150032667, P150037967 P150048624, P160003881
Bollette gas 2016	19.07.18	P160012671, P160023980, P160031417 EX15066/2016, P160041242, EX19107/2016 EX22893/2016, P160053190, EX26900/2016 EX31010/2016, EX33534/2016, EX38844/2016, EX43773/2016, EX03011/2017
Bollette elettricità 2014	19.07.18	5700065495, 5700098218, 5700134957 5700176145, 5700214975, 5700248944 5700291206, 5700345541, 5700411327 5700373449, 5700493139, 5700493139
Bollette elettricità 2015	19.07.18	5700493139, 5700544142, 5750081967 5700544142, 5750081967, E000140844 E000163929, E000175672, E000337522 E000234065, E000281520, E000163929 E000386676, E000281520, E000337522 E000386676, E000337522, E000163929 E000386676, E000163929, E000432863 E000483582. E000018557, E000483582 E000018557, E000084135, E000163929 E000018557, E000084135, E000163929 E000310245, E000150590
Bollette elettricità 2016	19.07.18	E000150590, E000084136, E000218121 E000218120, E000334604, E000238237 E000218121, E000334604, E000150590 E000238237, E000278554, E000334604 E000238237, 011640025275, 011640087942 011640025275, 011640048519, 011640060830, 011640074903 011640126636, 011740042570 011640100078, 011740001581
Tabella riepilogativa scuole	19.07.18	kyotoBaseline-E54_rev10.xls

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Allegato B Elaborati	14.05.18	Allegato B Elaborati
Tavola con indicazione di impianti e zone termiche (dwg e pdf)		DE_Lotto 9 E54_Elaborati_p1
		DE_Lotto 9 E54_Elaborati_p1ss
		DE_Lotto 9 E54_Elaborati_p2
		DE_Lotto 9 E54_Elaborati_pcopertura
		DE_Lotto 9 E54_Elaborati_pt
Planimetria catastale		DE_Lotto 9 E54_Planimetria catastale
Foto sopralluogo		
File grafici		DE_Lotto.9-E54-AllegatoB-Grafici

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C E54	14.05.18	Allegato C E54.doc

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO D Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	14.05.18	Lotto.9_Report prove diagnostiche strumentali_E54.doc

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO E Relazione di dettaglio dei calcoli	14.05.18	DE_E54_Baseline – Calcoli.rtf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO F Certificato CTI Software	14.05.18	CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE STATO DI FATTO	14/05/18	DE_E54_APE_Baseline.rtf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE SCENARIO 15 ANNI	14/05/18	DE_E54_15ANNI_CALDAIA+cop_piana+VT+LED_APE - APE2015.RTF
APE SCENARIO 25 ANNI	14/05/18	DE_E54_25ANNI_FV+CALDAIA+COP_PIANA+VT+LED_APE - APE2015.RTF

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO I Dati climatici	14.05.18	GG_Lotto.9-E54.xls

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO J Schede Audit	14.05.18	E 54_Scheda Audit_Template_rev2.xls

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO K Schede ORE	14.05.18	Schede ORE_E 54.doc

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
	ANALISI PEF	14/05/18	E54_AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO M Report di Benchmark	14.05.18	Lotto.9_benchmark E54.doc



ALLEGATO N – CD-ROM