

SCUOLA ELEMENTARE "VERNAZZA" e MATERNA STATALE "CAVALLOTTI"

E.105

VIA VITTORINO ERA N. 2-3 (1B)

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



SCUOLA ELEMENTARE "VERNAZZA" e MATERNA STATALE "CAVALLOTTI"

E.105

VIA VITTORINO ERA (2-3) 1B

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	Stefano Dotta	Sergio Ravera	Stefano Dotta	Prima Pubblicazione
		Sergio Ravera	Daniela Di Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			
B	15/05/2018	Stefano Dotta	Sergio Ravera	Stefano Dotta	Seconda Pubblicazione
		Sergio Ravera	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.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	16
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	16
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	16
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	28
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	28
5.1.1 <i>Energia termica</i>	28
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	35
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	39
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	39
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	40
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	41
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	43
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	46
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	46
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	46
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	3
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	9
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	9
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	10
8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	12



8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	12
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	12
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	16
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	19
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	19
8.1.5	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	21
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA	23
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	23
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	28
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	37
9.3.1	<i>Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni:</i>	39
9.3.2	<i>Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni:</i>	44
10	CONCLUSIONI	51
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	51
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	51
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	53
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		1.850
Anno di ristrutturazione		Nn
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.614,04
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.208,93
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	9.898,33
Rapporto S/V	[1/m]	0,32
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.978,89
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.275,98
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.254,87
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	449
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	407
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	91
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	202407
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	15.859
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	38317
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	8187

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: Sostituzione Infissi con altri aventi $U=1,66 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 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: Installazione di nuovo generatore, termoregolazione, isolamento con cappotto.
- SCN2: Installazione di nuovo generatore, termoregolazione, isolamento con cappotto, LED, installazione impianto fotovoltaico.

E.105 – SCUOLA ELEMENTARE "VERNAZZA" e MATERNA STATALE "CAVALLOTTI"

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

CON INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{M_s}	I_0	n	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	32,7	34,6	8163	0	0	-140906	30	9,0	12,9	60842 ≥ 0	8,6	0.43	[n/a]	[n/a]
EEM 2	7,4	7,8	1850,7	0	0	-187364	30	66,8	94,5	131752 ≤ 0	-5,8	-0,7	[n/a]	[n/a]
EEM 3	2,6	2,7	646,2	0	0	-8875	15	13,2	18,1	1581 ≤ 0	0,9	-0,18	[n/a]	[n/a]
EEM 4	12,4	11,2	3105,5	0	0	-91.189	8	13,2	14,6	-43396 ≥ 0	-14,3	-0,48	[n/a]	[n/a]
EEM 5	5,3	5,7	603	3.509	933	-35896	15	3,9	4,5	37.056 > 0	19,9	1,03	[n/a]	[n/a]
EEM 6	29,7	27,5	3212,8	3.509	933	-35896	20	5,7	6,8	55.096 > 0	16	1,19	[n/a]	[n/a]
SCN 1	40,9	43	7.639*	2.737*	727*	-169.496	-	2,9	3,3	25654	36	15	1,2	1,1
SCN 2	71,5	71,3	13.358*	2.737*	727*	-307.031	-	8	17	18.187	13,35	5,9	1	1,6

*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

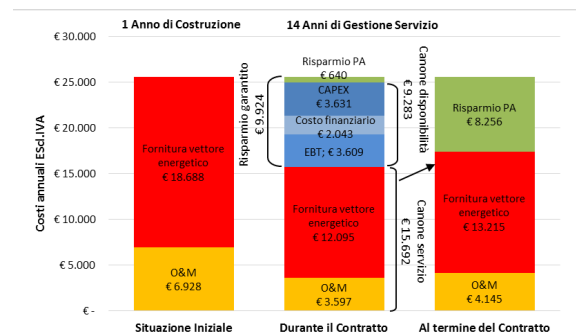
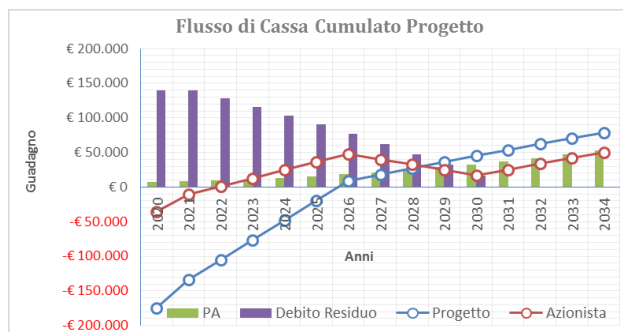
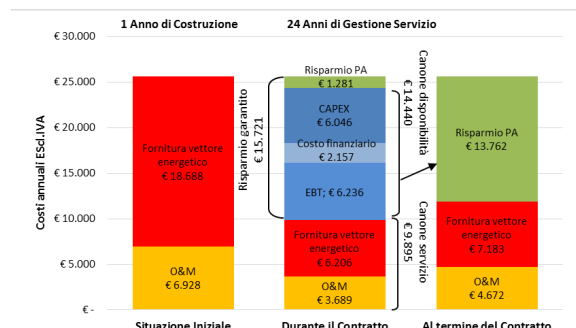
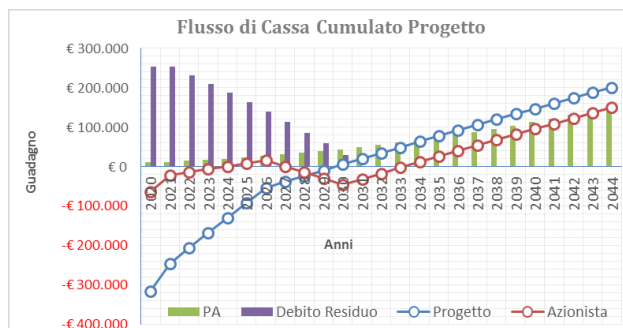


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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.

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 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.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord-Est



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Stefano Dotta Mauro Cornaglia Vincenzo Cuzzola		Sopralluogo in sito
Mauro Cornaglia, Vincenzo Cuzzola		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Stefano Dotta		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 GEB F. 63 Mapp. 88 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nell'area del quartiere Sturla.

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

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		1.850
Anno di ristrutturazione		nn
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)/
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.614,04
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.208,93
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	9.898,33
Rapporto S/V	[1/m]	0,31
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.652,70
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.978,89
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.275,98
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.254,87
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore

Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	449
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	407
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	91
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	202407
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	15.859
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	38317
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	8187

Nota (1): Valori di Baseline

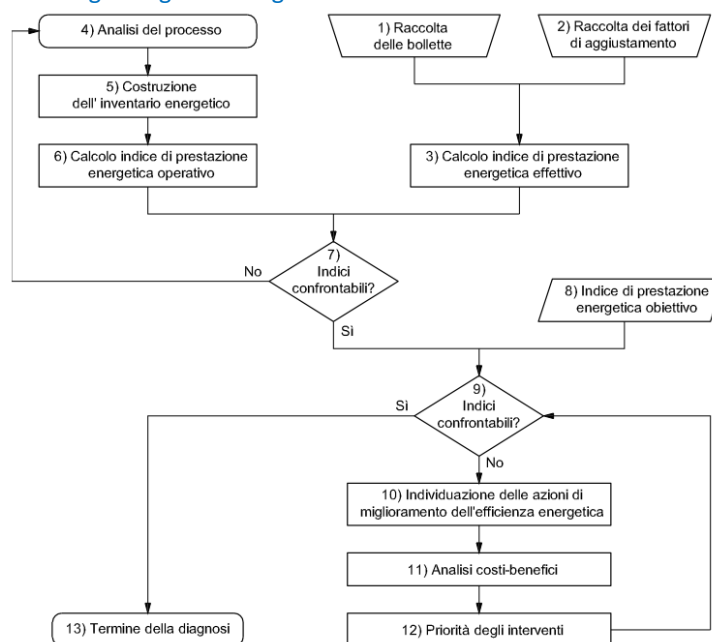
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 24/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale 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;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla Stazione Meteo villa Cambiaso dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

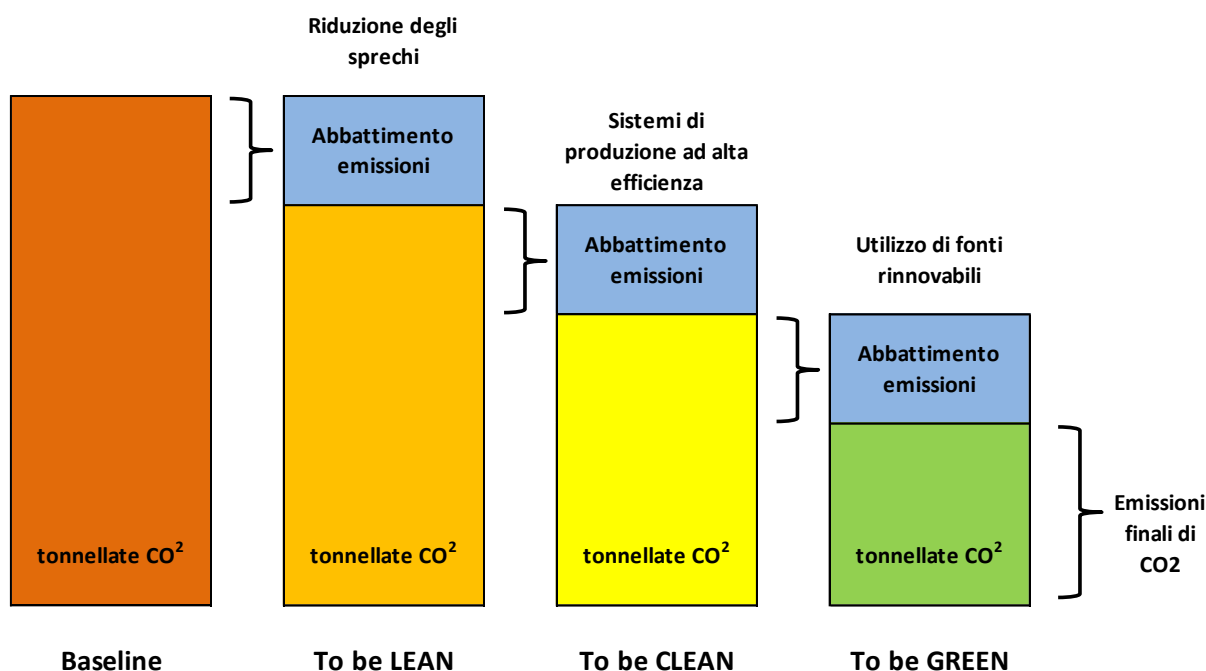
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica, (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:

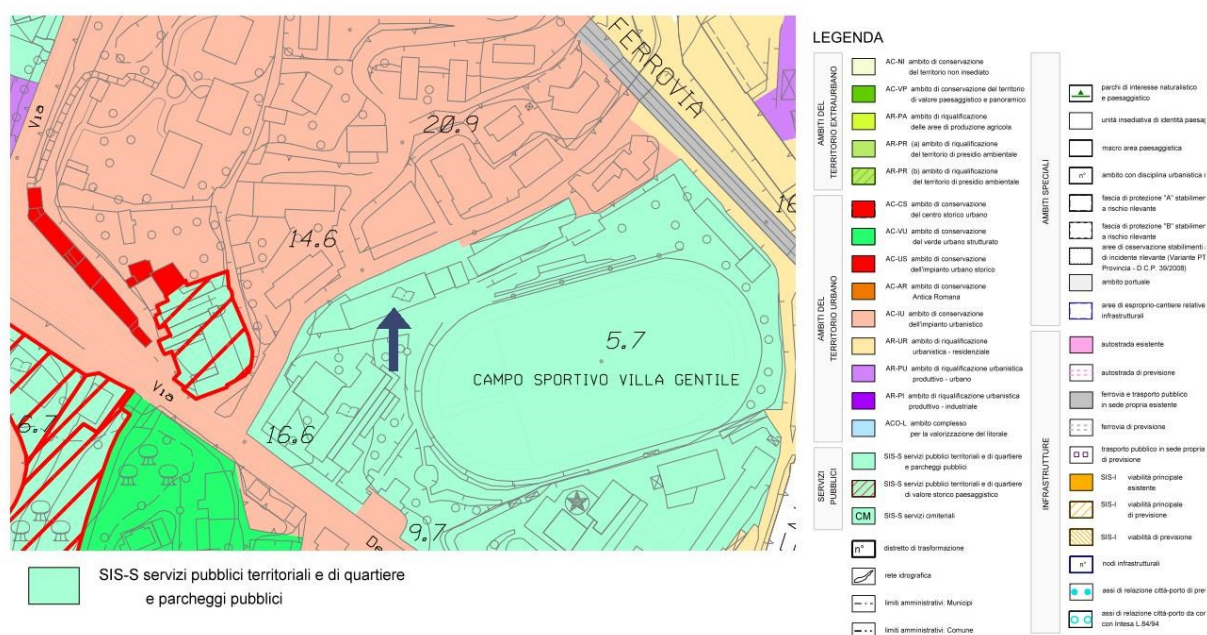
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 ove è ubicata la SCUOLA ELEMENTARE "VERNAZZA" e MATERNA STATALE "CAVALLOTTI" risale all'incirca al 1850 è stato interamente ristrutturato nel corso del tempo con evidenti ampliamenti e modifiche, 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.

La SCUOLA ELEMENTARE "VERNAZZA" e MATERNA STATALE "CAVALLOTTI" rappresenta per il Comune di Genova, uno edificio di rilevanza storica, artistica e culturale della città pur non essendo soggetto a vincoli. L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

La SCUOLA ELEMENTARE "VERNAZZA" e MATERNA STATALE "CAVALLOTTI", ogni anno, è utilizzata da circa 300 persone tra studenti insegnati e personale ATA ed è rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento

delle condizioni di benessere percepite dagli utenti e la salvaguardia dell'edificio nel suo complesso, attraverso una corretta manutenzione dell'edificio, al fine di preservarlo al meglio.

Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica della SCUOLA ELEMENTARE"VERNAZZA" e MATERNA STATALE "CAVALLOTTI", potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione dell'edificio nel suo complesso.

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

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⁾
Terra	Magazzini	m ²	89,07	71,64	0
Terra	WC	m ²	79,61	59,45	0
Terra	antibagno	m ²	10,08	7,51	0
Terra	Corridoio/atrio	m ²	72,42	55,49	0
Terra	disimpegno	m ²	11,6	12,15	0
Terra	dispensa	m ²	5,82	4,12	0
Terra	cucina	m ²	3,49	2,33	0
Terra	refettorio	m ²	36,77	27,98	0
Terra	Aule	m ²	157,58	139,17	0
Terra	Centrale termica	m ²	23,29	0	0
Primo	magazzini	m ²	21,47	14,64	0
Primo	WC	m ²	37,15	27,4	0
Primo	antibagno	m ²	16,29	12,05	0
Primo	uffici	m ²	246,33	202,95	0
Primo	corridoio	m ²	93,14	79	0
Primo	aule	m ²	53,88	43,68	0
Primo	Locali non riscaldati	m ²	7,24	0	0
Secondo	aule	m ²	329,35	281,37	0
Secondo	ripostiglio	m ²	9,48	6,8	0
Secondo	corridoio	m ²	81,65	71,18	0
Secondo	WC	m ²	31,99	25,36	0
Secondo	antibagno	m ²	19,31	15,25	0
Secondo	Locale non riscaldato	m ²	7,24	0	0
Terzo	aula	m ²	330,40	283,08	0
Terzo	Magazzini	m ²	8,07	5,98	0
Terzo	Corridoi	m ²	79,49	71,44	0
Terzo	WC	m ²	32,76	24,93	0
Terzo	antibagno	m ²	19,91	15,24	0

Terzo	Locale non riscaldato	m ²	7,24	0	0
Sottotetto	Locale non riscaldato	m ²	240,29	0	0
Vari	Vani scala	m ²	56,77	41,42	0
TOTALE		m ²	2.2275,95	1.601,61	0

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

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

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

Quartiere della circoscrizione Levante e viene indicata tutta l'area urbana compresa tra corso Europa, via Orsini, la sponda destra dello Sturla, dal quale prende il nome, e il mare. Il quartiere nel corso del Novecento ha conosciuto un'impetuosa espansione edilizia, all'interno della quale sono tuttavia ancora riconoscibili i nuclei originari degli antichi borghi marinari. Il paesaggio è maggiormente caratterizzato da insediamenti residenziali che hanno sempre interessato oltre al fondovalle le parti di versante.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Una verifica effettuata sul portale della Regione Liguria dedicato agli edifici vincolati (www.liguriavincoli.it) non ha evidenziato alcuni vincoli in riferimento all'edificio in oggetto.

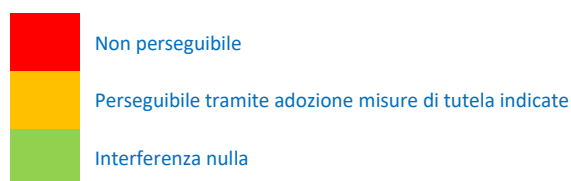
Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

- EEM 6 Installazione impianto fotovoltaico

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: isolamento a cappotto in EPS grigio con graffite sp. 12 cm	nn		nn
EEM 2: Sostituzione infissi con altri aventi U=1,66 W/m ² K	nn		nn
EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione	nn		nn
EEM 4: Installazione di sistemi di illuminazione a LED	nn		nn
EEM 5 Installazione di nuovo generatore di calore	nn		nn

EEM 6 Installazione impianto fotovoltaico	nn		nn
---	----	--	----

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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.

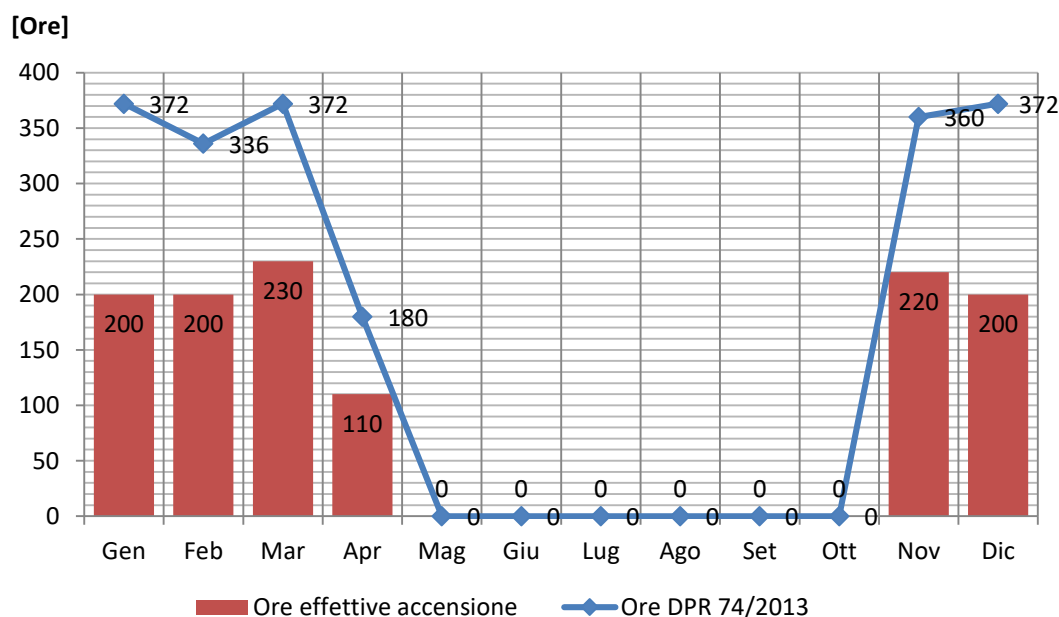
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ottenuti tramite colloquio col personale amministrativo e dirigente scolastica, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dagli uffici preposti del Comune di Genova.

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	7.30-18.00	7.00 – 18.00
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Dal lunedì al venerdì	7.30-18.00	[-]

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 989 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}

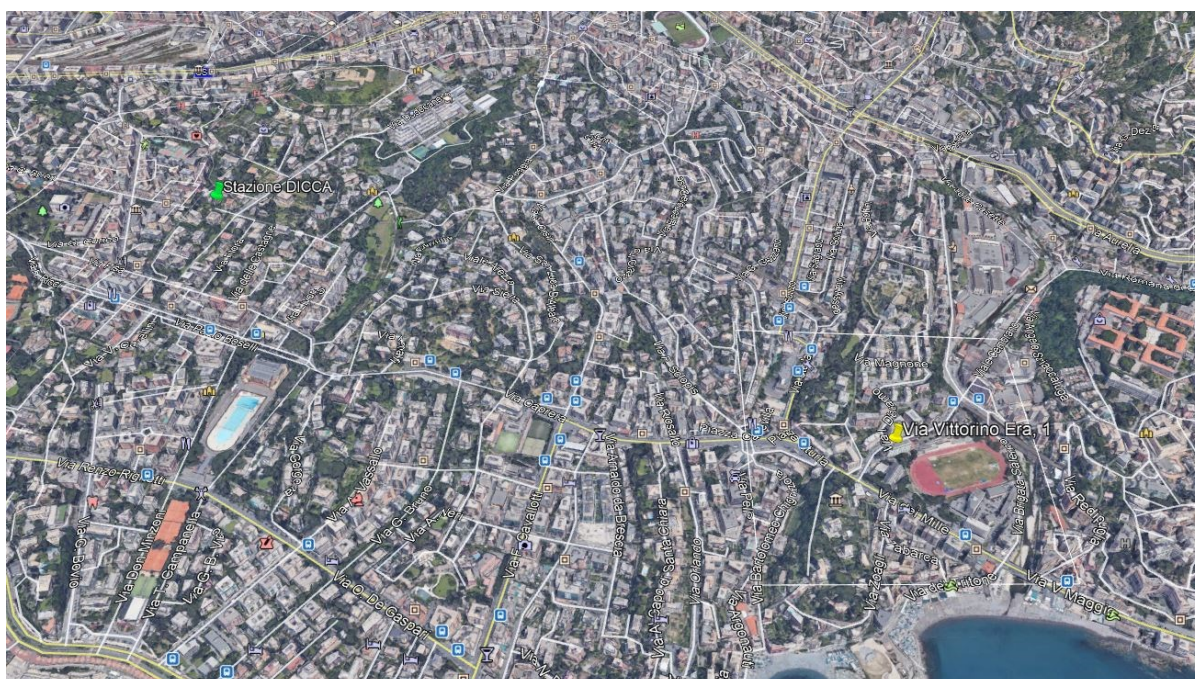
Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	19%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	21%
Aprile	30	15,3	15	71	11	11	55	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	989	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 il Laboratorio di Idraulica del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (44° 24'N 8° 58'E Altitudine 40 m), denominata Stazione Meteo villa Cambiaso, in quanto risulta essere la più vicina all'edificio oggetto della DE.

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



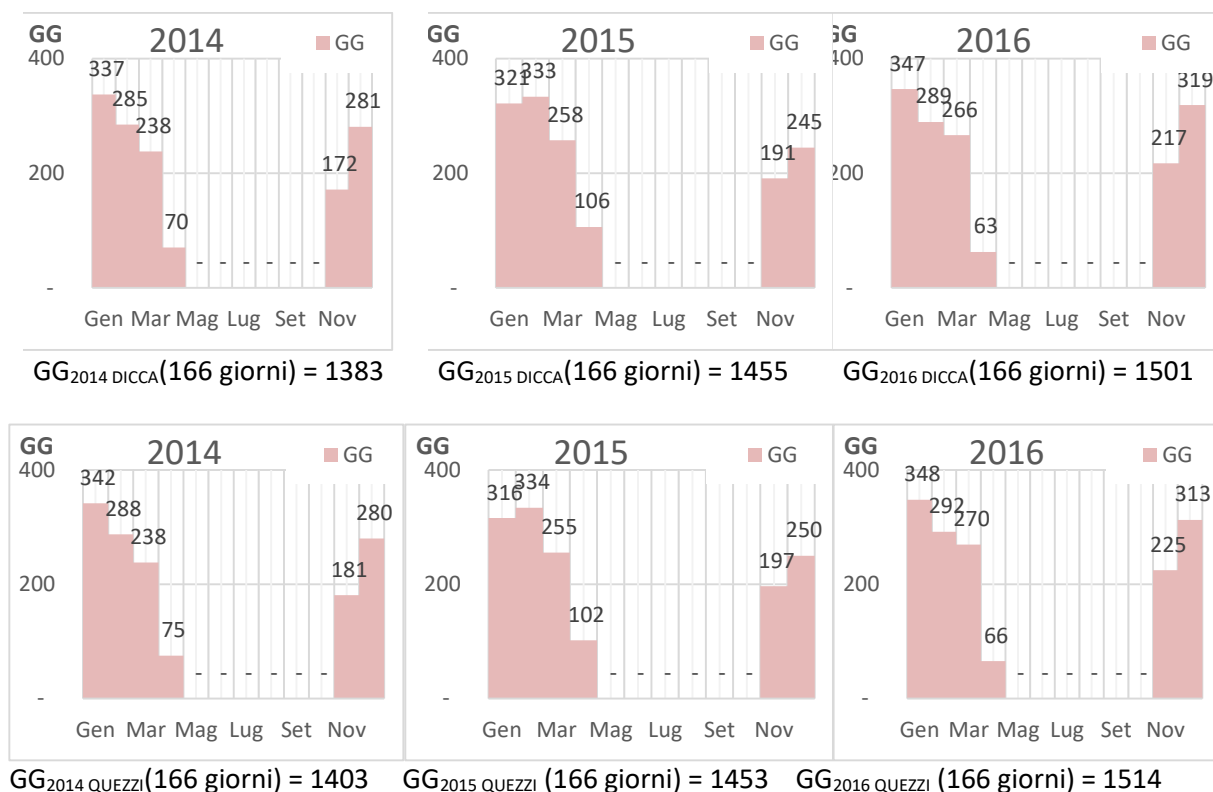
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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.

Durante la fase di revisione, la PA ha segnalato che tale stazione climatica potrebbe essere affetta da errori nella raccolta dei dati climatici anni 2015 e 2016. Per questa ragione si è verificata la congruità e l'attendibilità dei dati climatici confrontandoli con quelli rilevati dalla stazione ARPAL più vicina all'edificio stesso (QUEZZI, 44° 25'N 8° 58'E Altitudine 200 m).

Nei grafici successivi si sono quindi confrontati i GG delle due stazioni meteo.

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



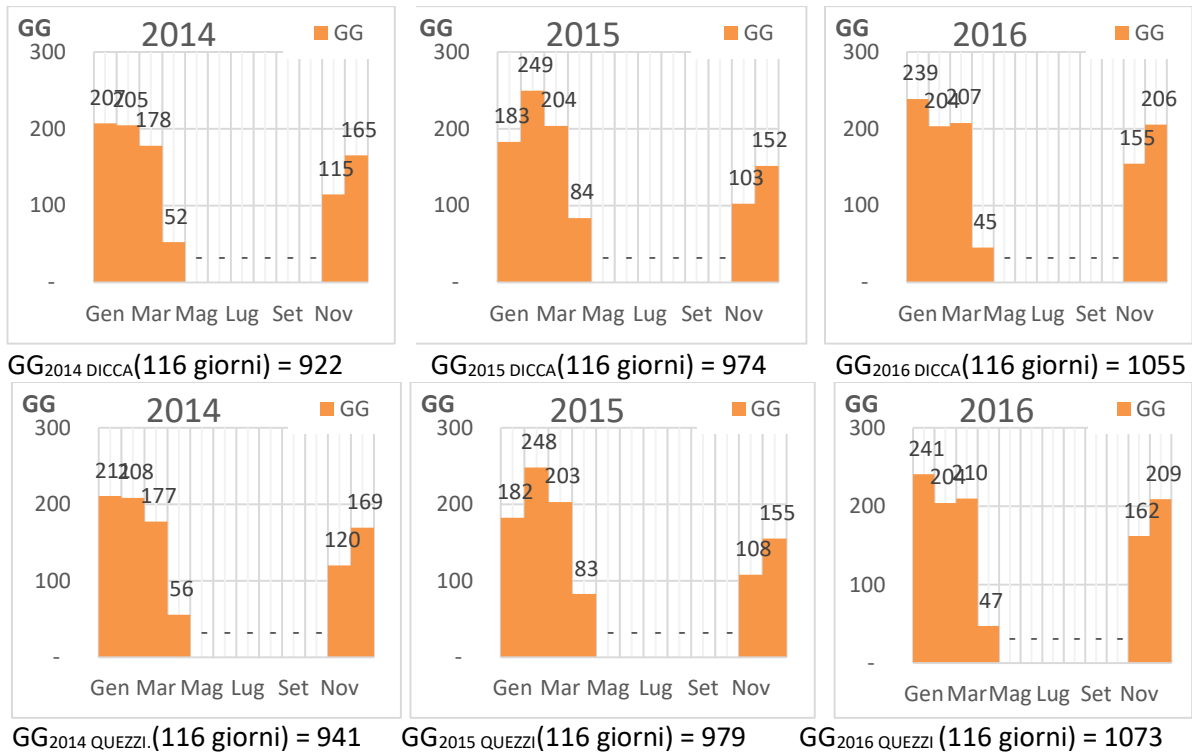
Dal confronto tra i GG calcolati sulla base delle temperature rilevate dalle due stazioni climatiche risulta che nell'anno 2014 la differenza è di 20 GG pari all'1,43% nel 2015 la differenza è di 2 GG pari allo 0,14% e nel 2016 la differenza è di 13 GG pari allo 0,86%. Si ritiene pertanto che i dati climatici rilevati dalla stazione DICCA possano essere considerati attendibili.

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 di DICCA E CENTRO FUNZIONALE



Dal confronto tra i GG calcolati sulla base delle temperature rilevate dalle due stazioni climatiche risulta che nei 116 giorni di utilizzo nell'anno 2014 la differenza è di 52 GG pari all'3,26% nel 2015 la differenza è di 21 GG pari all'1,21% e nel 2016 la differenza è di 32 GG pari all'1,77%. Si ritiene, pertanto che anche a seguito di questa ulteriore verifica i dati climatici rilevati dalla stazione DICCA possano essere considerati attendibili.

Tabella 3 Confronto dei Gradi Girono delle due stazioni climatiche: DICCA e QUEZZI

	GG 2014	GG 2015	GG 2016
QUEZZI	1646	1755	1835
DICCA	1594	1734	1803

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 risulta essere stato realizzato alla fine del XIX secolo e pertanto con tecniche costruttive dell'epoca e dunque caratterizzato da murature portanti, presumibilmente in pietra e conglomerati debitamente intonacate e coperture a falda con struttura in laterocemento.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro del sottotetto non riscaldato



Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che pur trattandosi di un edificio storico non essendo soggetto a particolari vincoli architettonici si è ritenuto corretto simulare interventi di efficientamento energetico dell'involucro opaco verticale.

Figura 4.2 - Particolare della facciata est



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera 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:

- In sede di sopralluogo è stata rilevata una temperatura esterna di poco inferiore a quella interna. Non si è potuto dunque raggiungere il delta termico minimo consigliato dalla norma UNI EN 13187:2000. Tali indagini eseguite in queste condizioni non hanno consentito di evidenziare difetti ed anomalie. Per le medesime ragioni non è stato possibile verificare il valore di trasmittanza termica dei componenti d'involucro mediante l'utilizzo di termoflussimetro. Pertanto per la determinazione della trasmittanza termica si è fatto riferimento alla UNI/TR

11552:2014 “Abaco delle strutture costituenti l’involucro opaco degli edifici. Parametri termofisici”.

- In base al periodo di costruzione si è potuto definire con approssimabile certezza la tecnologia costruttiva dell’edificio. Essendo in muratura portante ed in pietra locale si evidenzia come la valutazione termografica possa essere considerata poco efficace ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro opaco. Difatti il comportamento termico è omogeneo per tutta la superficie, dovuto a spessori murali importanti e costanti per ogni piano che non consentono di evidenziare disomogeneità termiche puntuali.

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	SPESORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	M1	68,5	Assente	1,998	Sufficiente
Parete verticale	M2	34	Assente	2,854	Sufficiente
Parete verticale	M4	26	Assente	1,840	Sufficiente
Parete verticale	M5	48	Assente	2,431	Sufficiente
Parete verticale	M6	55	Assente	2,264	Sufficiente
Parete verticale	M7	46	Assente	2,484	Sufficiente
Parete verticale	M9	15	Assente	2,650	Sufficiente
Parete verticale	M12	12	Assente	1,919	Sufficiente
Parete verticale	M13	12	Assente	1,919	Sufficiente
Parete verticale	M14	12	Assente	1,919	Sufficiente
Parete verticale	M15	28	Assente	1,613	Sufficiente
Pavimento su terreno	P1	44,5	Assente	0,368	Buona
Copertura	S1	73,6	Assente	0,843	Ottima
Solaio su sottotetto	S2	67	Presente	0,495	Ottima
Soffitto su ambiente non riscaldato	S5	40	Assente	1,328	Buona

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.

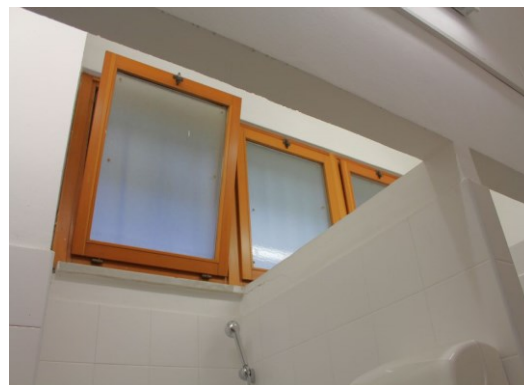
4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto principalmente da serramenti con

Figura 4.3 - Particolare dei serramenti con telaio in legno

telaio in legno e vetri doppi.

Lo stato di conservazione degli stessi è sufficiente



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 dettagliato di tutti i telai dei serramenti dell'edificio
- Misurazione diretta degli spessori dei vetri dei serramenti mediante misuratore laser (spessivetro) utilizzato in sede di sopralluoghi;
- Indisponibilità termiche alla realizzazione dell'indagine termografica, così come descritto nel paragrafo dell'involucro opaco.

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	240x239	Legno	Vetro singolo	3,607	Sufficiente
Serramento verticale	F2	332x180	PVC	Vetro singolo	3,554	Buono
Serramento verticale	F3	222x166,5	PVC	Vetro singolo	3,822	Buono
Serramento verticale	F4	242x142	Legno	Vetro singolo	4,036	Sufficiente
Serramento verticale	F4 bis	240x143	Legno	Vetro doppio	2,823	Sufficiente
Serramento verticale	F5	51x53	Legno	Vetro doppio	2,744	Sufficiente
Serramento verticale	F6	91x71	Legno	Vetro doppio	2,857	Sufficiente
Serramento verticale	F7	91x149	Legno	Vetro doppio	2,923	Sufficiente
Serramento verticale	F8	168x147	Legno	Vetro doppio	2,825	Sufficiente
Serramento verticale	F9	91,5x250	Legno	Vetro doppio	2,837	Sufficiente
Serramento verticale	F10	93x113	Legno	Vetro doppio	2,919	Sufficiente
Serramento verticale	F11	294x110	Alluminio	Vetro singolo	3,981	Buono
Serramento verticale	F12	90x147	Legno	Vetro doppio	2,859	Sufficiente
Serramento verticale	F13	305x136	Legno	Vetro doppio	4,447	Sufficiente
Serramento verticale	F14	333x138	Legno	Vetro doppio	4,313	Sufficiente
Serramento verticale	F15	241x149	Legno	Vetro doppio	2,713	Sufficiente
Serramento verticale	F16	92x113	Legno	Vetro doppio	2,701	Sufficiente
Serramento verticale	F16 BIS	241x53	Legno	Vetro doppio	2,560	Sufficiente
Serramento verticale	F17	92x236	Legno	Vetro doppio	2,750	Sufficiente
Serramento verticale	F19	342x396	PVC	Vetro singolo	4,558	Buono
Serramento verticale	F20	214x151	Alluminio	Vetro singolo	2,886	Buono
Serramento verticale	F21	242x355	Legno	Vetro doppio	2,634	Sufficiente
Serramento verticale	F23	241x144	Legno	Vetro doppio	2,581	Sufficiente

Serramento verticale	F20 P2	214x151	Alluminio	Vetro singolo	2,886	Buono
Serramento verticale	F20 P3	214x151	Alluminio	Vetro singolo	2,886	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia di tipo tradizionale, alimentata a metano ed asservita alla climatizzazione invernale dell'intero edificio.

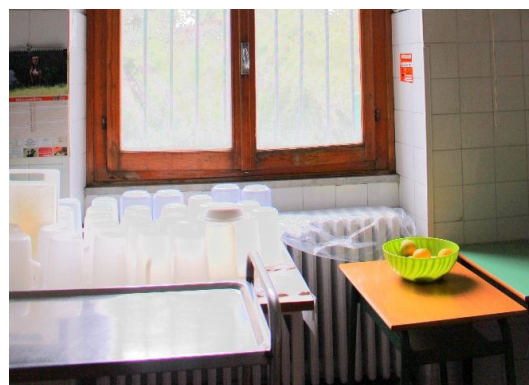
4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete esterna non isolata;

I radiatori risultano inoltre sprovvisti di valvole termostatiche.

Figura 4.4 - 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 "Vernazza"	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	21	2.65	55.81	-	-
Terra	Incassato a parete	26	1.7	44.21	-	-
Primo	incassato a parete	22	1.76	38.79	-	-
Secondo	Incassato a parete	31	1.87	58.15	-	-
TOTALE		100	0.19 ⁽¹⁾	19.49	-	-

Nota (5): La potenza termica di ciascun terminale è stata ottenuta secondo le disposizioni della norma EN 442-2, considerando un delta T 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 4.5 - Particolare del pannello di controllo di dell'impianto termico

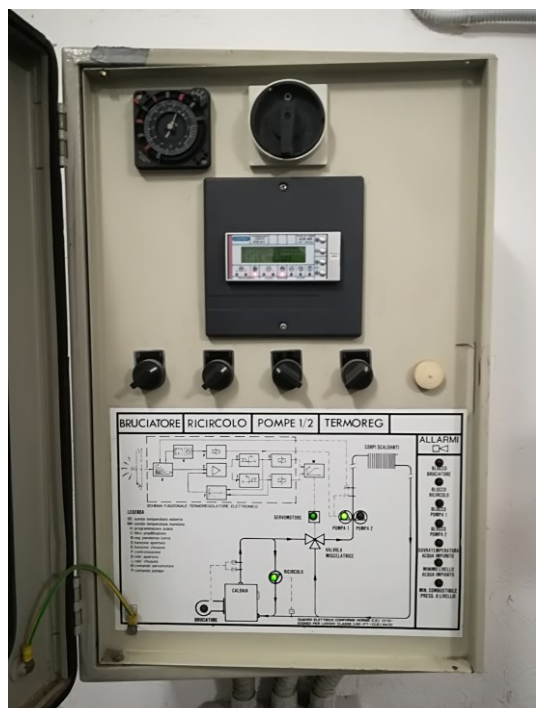


Figura 4.6 – Orologio generale a servizio dell'impianto termico



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 "Vernazza"	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 asservita al circuito secondario;

Circuito primario: è presente una pompa di circolazione gemellare per la mandata del circuito primario così denominato:

- Circuito Radiatori;

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁶⁾	PREVALENZA ⁽⁶⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁶⁾
			m ³ /h	kPa	kW
Circuito radiatori	Lowara FCG 65-14T	mandata acqua calda zone a radiatori (gemellare)	46	140	1.02

Nota (6): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

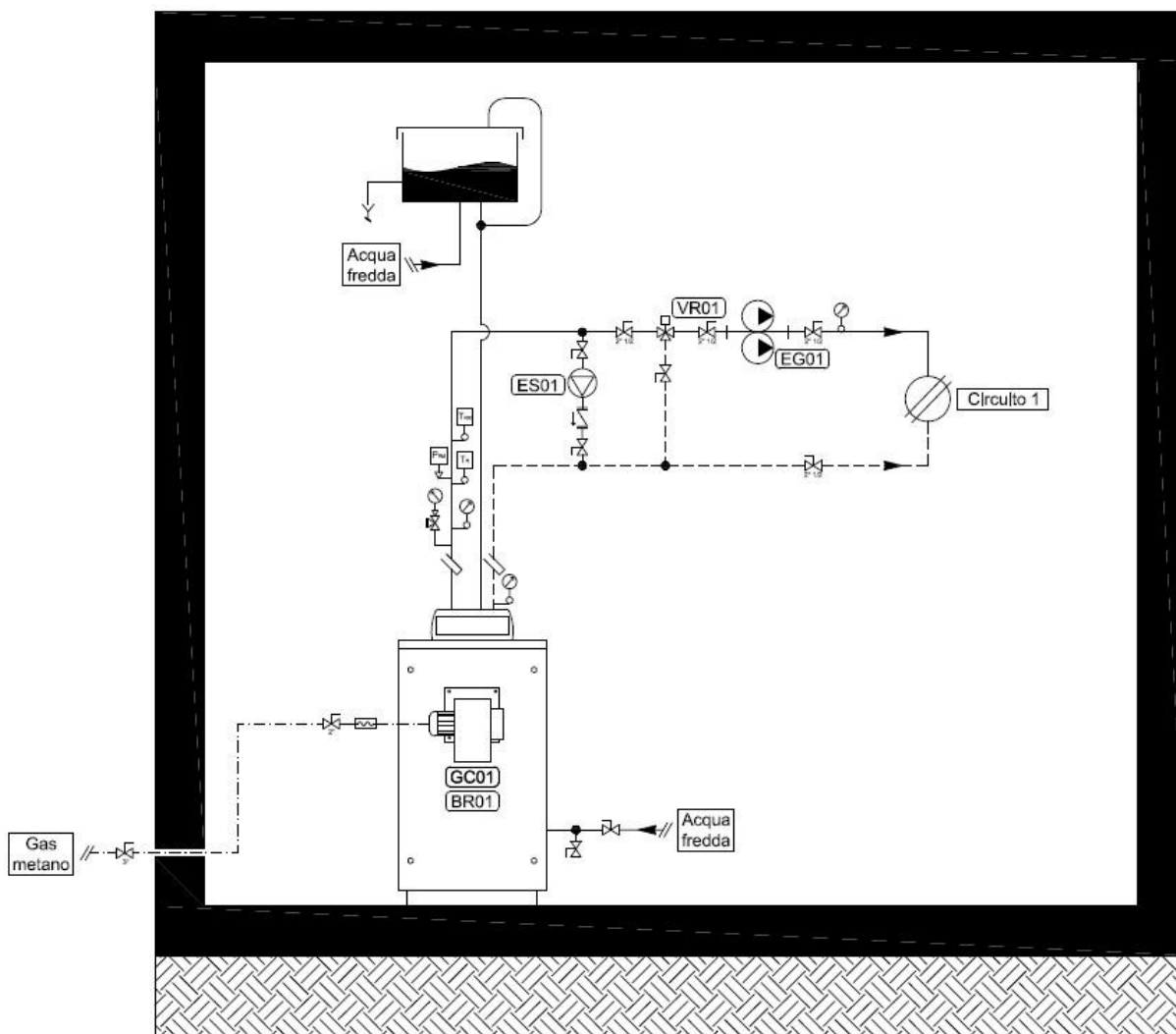
CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁷⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽⁸⁾
			°C	°C
Caldaia	Mandata	Caldo	60	59
	Ritorno	Caldo	50	48

Nota (7): Valori rilevati il giorno 28/11/2017 alle ore 14.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 10°C

Nota (8): Valori utilizzati nel modello di calcolo

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 4.7 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 111-S01-023-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione pari al 99,9% è stato calcolato tramite la norma UNI TS 11300-2.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 92%.

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 Ivar modello Superac 405 con bruciatore bistadio Baltur TBG 45P-V.

Figura 4.8 - Particolare della caldaia Ivar Superac 405

Figura 4.9 - Particolare del bruciatore Baltur TBG 45P-V



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽⁹⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽⁹⁾ [kW]	RENDIMENTO ⁽¹⁰⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽⁹⁾ [kW]
Gen 1	Riscaldamento	Ivar	Superac 405	2003	449	407	n/d	0.5

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

Nota (10): Dato mancante causa assenza di libretto CT al momento del sopralluogo

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 85.5%.

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 è eseguita tramite impinati termici autonomi, che consistono in 3 bollitori elettrici ad

Figura 4.10 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

accumulo installati all'interno dei servizi igienici con una potenza complessiva di 3.9 kW.



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

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

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

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 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

LOCALI TERMICI	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Ripostiglio PT	LIM	1	155	155	1236
Ripostiglio PT	Stampante	2	155	310	412
Uffici P1	Stampante	8	240	1920	504
Uffici P1	PC	12	65	780	2016
Aule P2	LIM	6	155	930	1236
Aula informatica P3	LIM	1	155	155	824
Aula informatica P3	PC	16	65	1040	824
Aule P3	LIM	5	155	775	1236
Aule P3	Stampante	1	240	240	412

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.

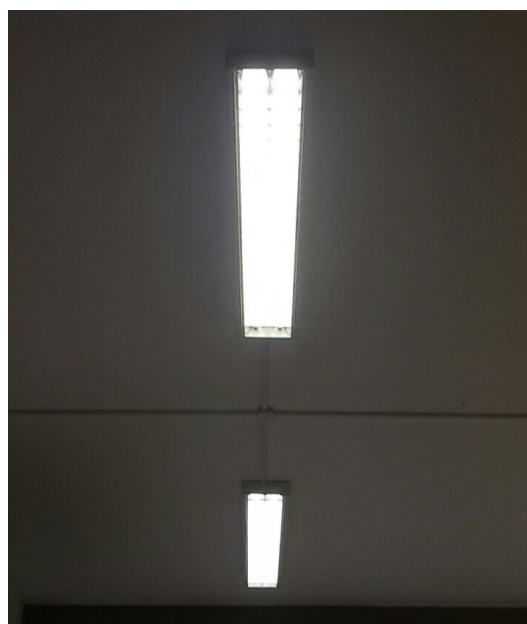
L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

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 sono installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, aule, uffici e servizi igienici.

Figura 4.11 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei locali dell'edificio



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

LOCALI TERMICI	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
PT 1 magazzino	Neon tubolare	4	58	232
PT 2 WC	Neon tubolare	4	58	232
PT 3 antibagno	Neon tubolare	-	-	-
PT 4 corridoio	Neon tubolare	14	58	812
PT 5 disimpegno	Neon tubolare	2	18	36
PT 6 WC	Neon tubolare	4	36	144
PT 7 antibagno	Neon tubolare	-	-	-
PT 8 WC	Neon tubolare	2	58	116
PT 9 antibagno	Neon tubolare	-	-	-
PT 10 ripostiglio	Neon tubolare	1	36	36
PT 11 dispensa	Neon tubolare	4	18	72
PT 12 cucina	Neon tubolare	6	58	348
PT 13 atrio	Neon tubolare	7	58	406
PT 14 refettorio	Neon tubolare	34	58	1972
PT 15 magazzino	Neon tubolare	2	58	116
PT 16 aula materna	Neon tubolare	12	58	696
P1 17 magazzino	Neon tubolare	2	36	72
P1 18 WC	Neon tubolare	3	58	174
P1 19 antibagno	Neon tubolare	1	18	18
P1 20 uffici	Neon tubolare	4	36	144
P1 21 corridoio	Neon tubolare	13	36	468
P1 22 WC	Neon tubolare	2	58	116

P1 23 antibagno	Neon tubolare	1	18	18
P1 24 WC	Neon tubolare	2	58	116
P1 25 antibagno	Neon tubolare	2	18	36
P1 26 WC	Neon tubolare	2	58	116
P1 27 aula	Neon tubolare	12	36	432
P1 28 ufficio	Neon tubolare	12	36	432
P1 29 ufficio	Neon tubolare	8	36	288
P1 30 ufficio	Neon tubolare	12	36	432
P1 31 ufficio	Neon tubolare	12	36	432
P1 32 ufficio	Neon tubolare	12	36	432
P1 33 ufficio	Neon tubolare	12	36	432
P2 34 aula	Neon tubolare	8	36	288
P2 35 ripostiglio	Neon tubolare	1	36	36
P2 36 corridoio	Neon tubolare	15	36	540
P2 37 WC	Neon tubolare	4	58	232
P2 38 antibagno	Neon tubolare	-	-	-
P2 39 WC	Neon tubolare	4	58	232
P2 40 antibagno	Neon tubolare	-	-	-
P2 41 antibagno	Neon tubolare	1	36	36
P2 42 WC	Neon tubolare	1	18	18
P2 43 WC	Neon tubolare	1	18	18
P2 44 aula	Neon tubolare	12	36	432
P2 45 aula	Neon tubolare	8	36	288
P2 46 aula	Neon tubolare	8	36	288
P2 47 aula	Neon tubolare	8	36	288
P2 48 aula	Neon tubolare	8	36	288
P2 49 aula	Neon tubolare	12	36	432
P3 50 aula informatica	Neon tubolare	12	36	432
P3 51 magazzino	Neon tubolare	1	36	36
P3 52 corridoio	Neon tubolare	15	36	540
P3 53 WC	Neon tubolare	4	58	232
P3 54 antibagno	Neon tubolare	-	-	-
P3 55 WC	Neon tubolare	4	58	232
P3 56 antibagno	Neon tubolare	-	-	-
P3 57 antibagno	Neon tubolare	1	36	36
P3 58 WC	Neon tubolare	1	18	18
P3 59 WC	Neon tubolare	1	18	18
P3 60 aula	Neon tubolare	12	36	432
P3 61 aula	Neon tubolare	12	36	432
P3 62 aula	Neon tubolare	8	36	288
P3 63 aula	Neon tubolare	8	36	288
P3 64 aula	Neon tubolare	8	36	288
P3 65 aula	Neon tubolare	12	36	432
scala 1	Neon tubolare	7	36	252
scala 2	Neon tubolare	4	36	144

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

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule

illuminanti, che si presentano in buone condizioni.
Si è inoltre verificata la presenza di luci di emergenza nei diversi locali della struttura.

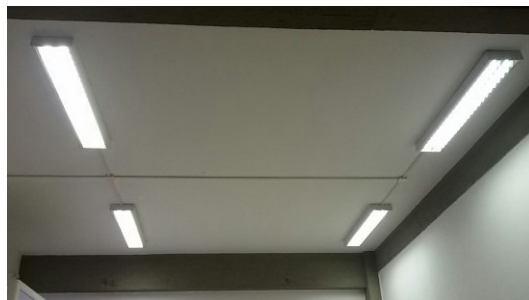


Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle zone di circolazione interna



[Eventualmente inserire informazioni ed immagini rilevate tramite indagini diagnostiche]

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 1 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona.

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 de m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270050357602	Riscaldamento	9.178	24.454	18.769	196.608	230.352	176.804

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione alla PA, si è provveduto a ricostruire i consumi mensili.

I consumi ricostruiti nelle modalità indicate dalla stazione appaltante sono riportati nella Tabella 5.3.

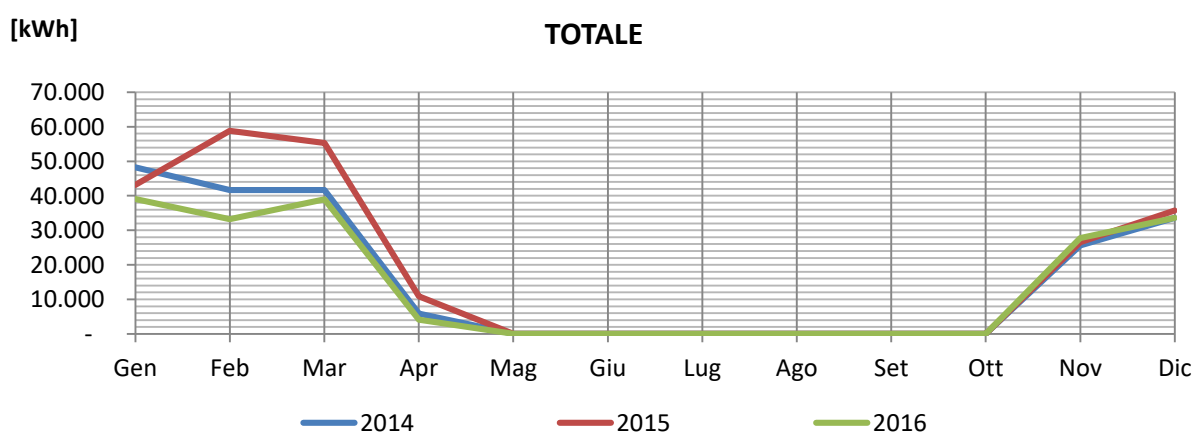
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento

PDR: 03270050357602	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	4.579	4.145	48.230	43.138	39.042
Febbraio	-	6.240	3.532	41.631	58.784	33.271
Marzo	-	5.866	4.141	41.625	55.259	39.010
Aprile	-	1.155	433	5.867	10.877	4.075
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	2.821	2.951	25.637	26.577	27.802
Dicembre	-	3.792	3.567	33.618	35.722	33.604
Totale	-	24.454	18.769	196.609	230.357	176.804

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione in quanto la PA ha stipulato un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) 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".

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici



Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che si ha un comportamento proporzionale a quella che è la variazione di temperatura rilevata negli anni di analisi (la struttura del calcolo si basa sulla loro variazione nei mesi della stagione termica). Non risulta essere però molto significativo in termini di reale consumo non essendo disponibili le fatturazioni.

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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, definendo il fattore di normalizzazione $\bar{\alpha}_{rif}$ come di seguito riportato:

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

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 un altro vettore energetico.

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

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

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	922	989		196.634		210.965	-	-
2015	974	989	24.454	230.423	236,5	233.989	-	-
2016	1.055	989	18.769	176.855	167,6	165.826	-	-
Media	984	989		201.304	204,6	202.407	-	-

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]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	202.407
$Q_{baseline}$	202.407

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola elementare "Vernazza";
- Scuola materna "Cavallotti";

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

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]
IT001E00098073	Scuola elementare	3.096	2.554	3.594	3.081
IT001E00122707	Scuola materna	33.953	35.101	36.652	35.235
TOTALE		37.049	37.655	40.246	38.316

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:

POD1 2014 : 3.166 kWh (-2%)
 2015 : 2.750 kWh (-7%)
 2016 : 3.892 kWh (-8%)
 Media : 3.266 kWh (-6%)

POD2 2014 : 40.768 kWh (-20%)
 2015 : 38.835 kWh (-11%)
 2016 : 39.877 kWh (-9%)
 Media : 39.827 kWh (-13%)

I consumi rilevati dalla fatturazione sono mediamente più bassi del 8% per il POD1 e del 13% del POD2 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 38.317 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: IT001E00098073	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	214	191	38	443
Febbraio	213	186	45	444
Marzo	155	148	36	339
Aprile	104	118	47	269
Maggio	89	107	35	231
Giugno	32	58	45	135
Luglio	26	28	30	84
Agosto	29	35	40	104
Settembre	62	100	56	218
Ottobre	100	112	40	252
Novembre	143	114	46	303
Dicembre	126	108	40	274
Totale	1.293	1.305	498	3.096
POD: IT001E00098073	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	154	153	36	343
Febbraio	157	131	36	324
Marzo	106	104	32	242
Aprile	58	63	12	133
Maggio	43	87	21	151
Giugno	21	56	20	97
Luglio	20	29	19	68
Agosto	22	21	21	64
Settembre	34	58	21	113
Ottobre	105	90	56	251
Novembre	162	122	101	385
Dicembre	166	93	124	383
Totale	1.048	1.007	499	2.554
POD: IT001E00098073	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	153	119	105	377
Febbraio	172	88	50	310
Marzo	130	92	59	281
Aprile	94	76	54	224
Maggio	113	87	87	287
Giugno	98	51	96	245
Luglio	90	55	82	227
Agosto	66	32	43	141
Settembre	109	74	77	260
Ottobre	153	138	104	395

Novembre	217	124	91	432
Dicembre	185	128	102	415
Totale	1.580	1.064	950	3.594

POD: IT001E00122707	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.881	442	573	3.896
Febbraio	2.769	466	466	3.701
Marzo	2.512	405	464	3.381
Aprile	1.877	325	440	2.642
Maggio	1.894	320	555	2.769
Giugno	1.257	267	421	1.945
Luglio	619	210	361	1.190
Agosto	426	251	479	1.156
Settembre	1.631	361	436	2.428
Ottobre	2.377	434	440	3.251
Novembre	2.713	472	520	3.705
Dicembre	2.787	487	615	3.889
Totale	23.743	4.440	5.770	33.953

POD: IT001E00122707	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.897	547	642	4.086
Febbraio	2.779	519	518	3.816
Marzo	1.997	370	430	2.797
Aprile	1.336	267	332	1.935
Maggio	2.151	425	619	3.195
Giugno	1.450	349	525	2.324
Luglio	649	231	415	1.295
Agosto	436	225	466	1.127
Settembre	1.468	341	540	2.349
Ottobre	2.940	569	543	4.052
Novembre	3.134	548	584	4.266
Dicembre	2.716	482	661	3.859
Totale	23.953	4.873	6.275	35.101

POD: IT001E00122707	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.788	502	613	3.903
Febbraio	2.931	517	518	3.966
Marzo	2.506	483	571	3.560
Aprile	2.287	466	590	3.343
Maggio	2.619	374	457	3.450
Giugno	1.492	345	488	2.325
Luglio	685	245	456	1.386
Agosto	641	308	595	1.544
Settembre	1.366	358	421	2.145
Ottobre	2.502	482	523	3.507

Novembre	3.082	492	539	4.113
Dicembre	2.280	481	649	3.410
Totale	25.179	5.053	6.420	36.652

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.

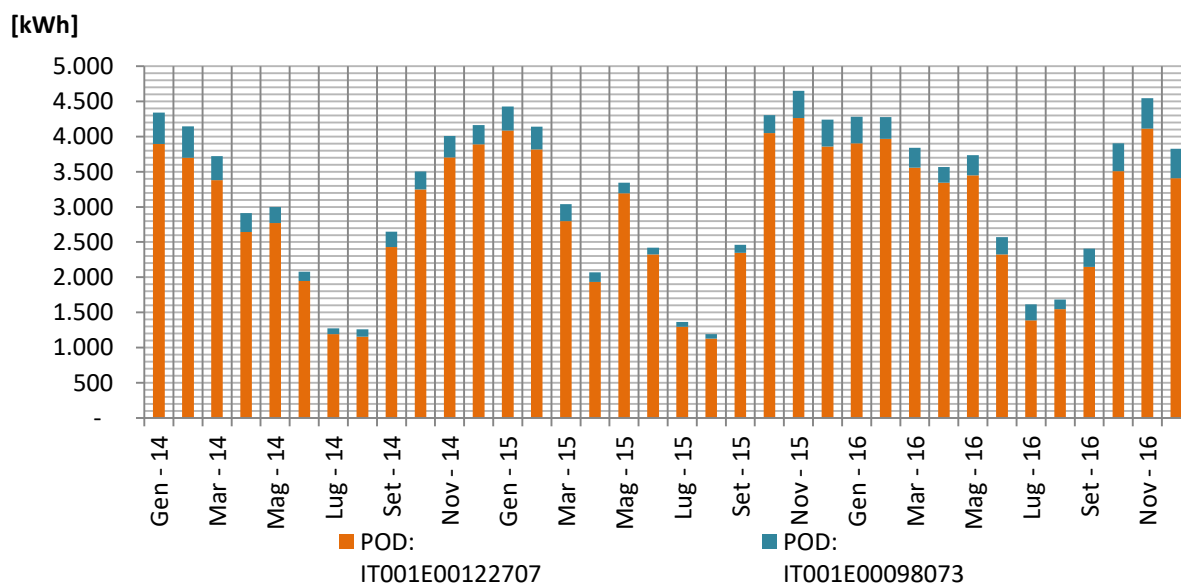
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.029	651	669	4.349
Febbraio	3.007	636	544	4.187
Marzo	2.469	534	531	3.533
Aprile	1.919	438	492	2.849
Maggio	2.303	467	591	3.361
Giugno	1.450	375	532	2.357
Luglio	696	266	454	1.417
Agosto	540	291	548	1.379
Settembre	1.557	431	517	2.504
Ottobre	2.726	608	569	3.903
Novembre	3.150	624	627	4.401
Dicembre	2.753	593	730	4.077
Totale	25.599	5.914	6.804	38.317

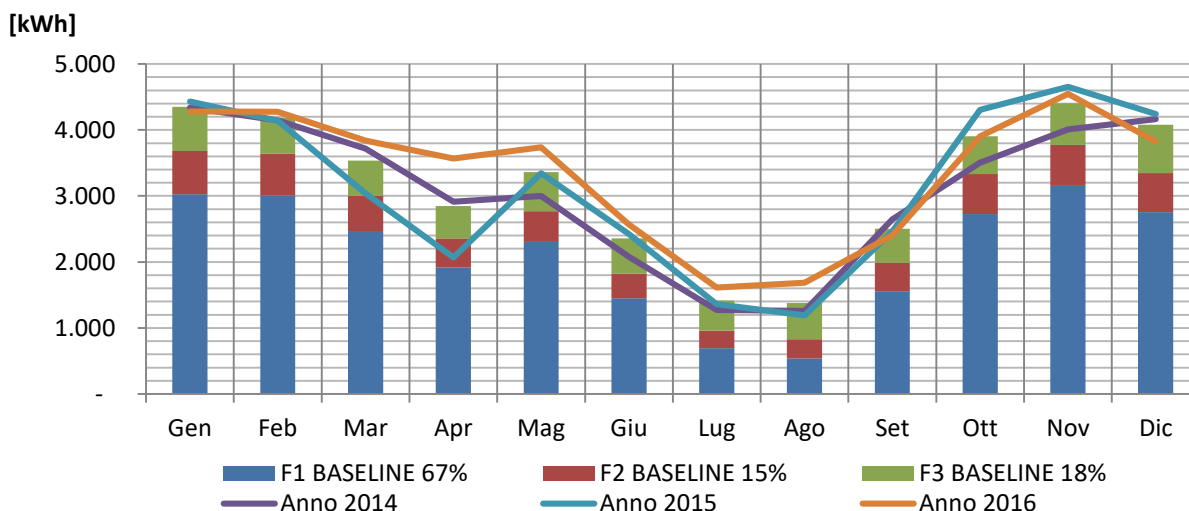
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

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. Il consumo maggiore si ha per tutti gli altri mesi nella fascia diurna F1 la quale è sempre la componente dominante. Dal grafico in figura 5.2 si nota come il consumo del POD1 è la componente più bassa e pressoché costante per tutti i mesi mentre il POD2 è influenzato dal periodo di utilizzo della struttura scolastica.

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	201.304	0,202	40.663
Energia elettrica	38.317	0,467	17.894

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 RILEVATI 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.614	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.653	m ³
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	10.089	m ³

Nella Tabella 5.13 e

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

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale.]

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	201.304	1,05	211.369	131,0	127,9	21,0	25,19	24,60	4,03
Energia elettrica	38.317	2,42	92.726	57,5	56,1	9,2	11,09	10,83	1,77
TOTALE			304.096	188	184	30	36	35	6

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/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	201.304	1,05	211.369	131,0	127,9	21,0	25,19	24,60	4,03
GPL o gasolio	38.317	1,95	74.718	46,3	45,2	7,4	11,09	10,83	1,77
TOTALE			286.087	177	173	28	36	35	6

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

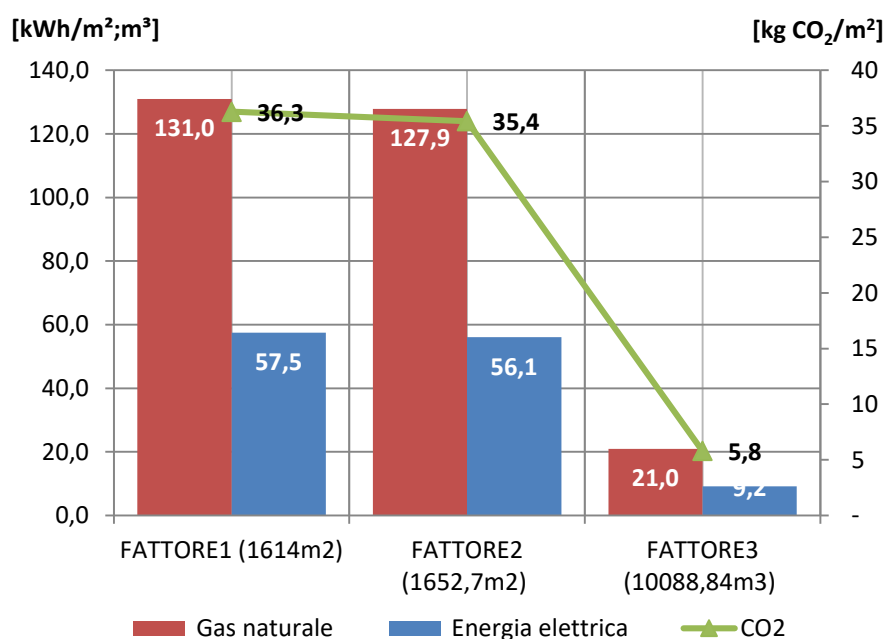
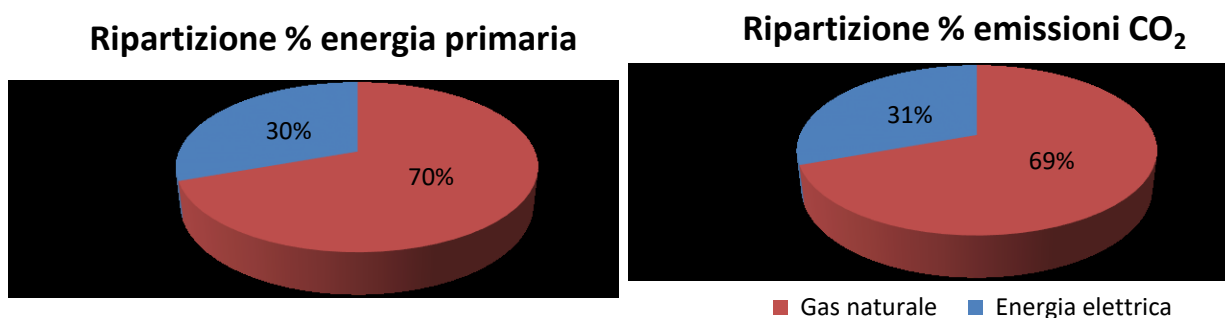


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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 ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	20,56	22,81	16,16	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	17,95	16,99	17,89

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo mediamente classi di merito Insufficiente per il riscaldamento ed 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}	256.41	kWh/mq anno	268.8	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	213.66	kWh/mq anno	215.03	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	7.74	kWh/mq anno	9.6	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	35.01	kWh/mq anno	43.44	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	50.6	Kg/mq anno	53	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	32164	335698
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	40079	78155

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 6.5 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}	178.87	kWh/mq anno	189.53	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	136.14	kWh/mq anno	136.50	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	5.73	kWh/mq anno	7.11	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	35.62	kWh/mq anno	44.21	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	34.9	Kg/mq anno	37	Kg/mq anno

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.4.

Tabella 6.4 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	20819	217288
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	39936	78875

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 6.5a – Validazione del modello energetico termico “Dicca” (valutazione adattata all’utenza)

Q_{teorico} [kWh/anno]	Q_{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
207080	202407	2.26%

Così come già indicato nel paragrafo 3.3 si è proceduto con un’ulteriore verifica della validità dei dati climatici della stazione DICCA attraverso una seconda validazione del modello utilizzando i GG ottenuti con i dati climatici della stazione ARPAL QUEZZI.

Anche in questo caso il modello risulta validato confermando la correttezza del modello e dei dati climatici presi a riferimento

Tabella 6.6b – Validazione del modello energetico termico “Quezzi” (valutazione adattata all’utenza)

Q_{teorico} [kWh/anno]	Q_{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
207080	202407	3,5%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

EE_{teorico} [kWh/anno]	EE_{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
39936	38317	4.05%

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.

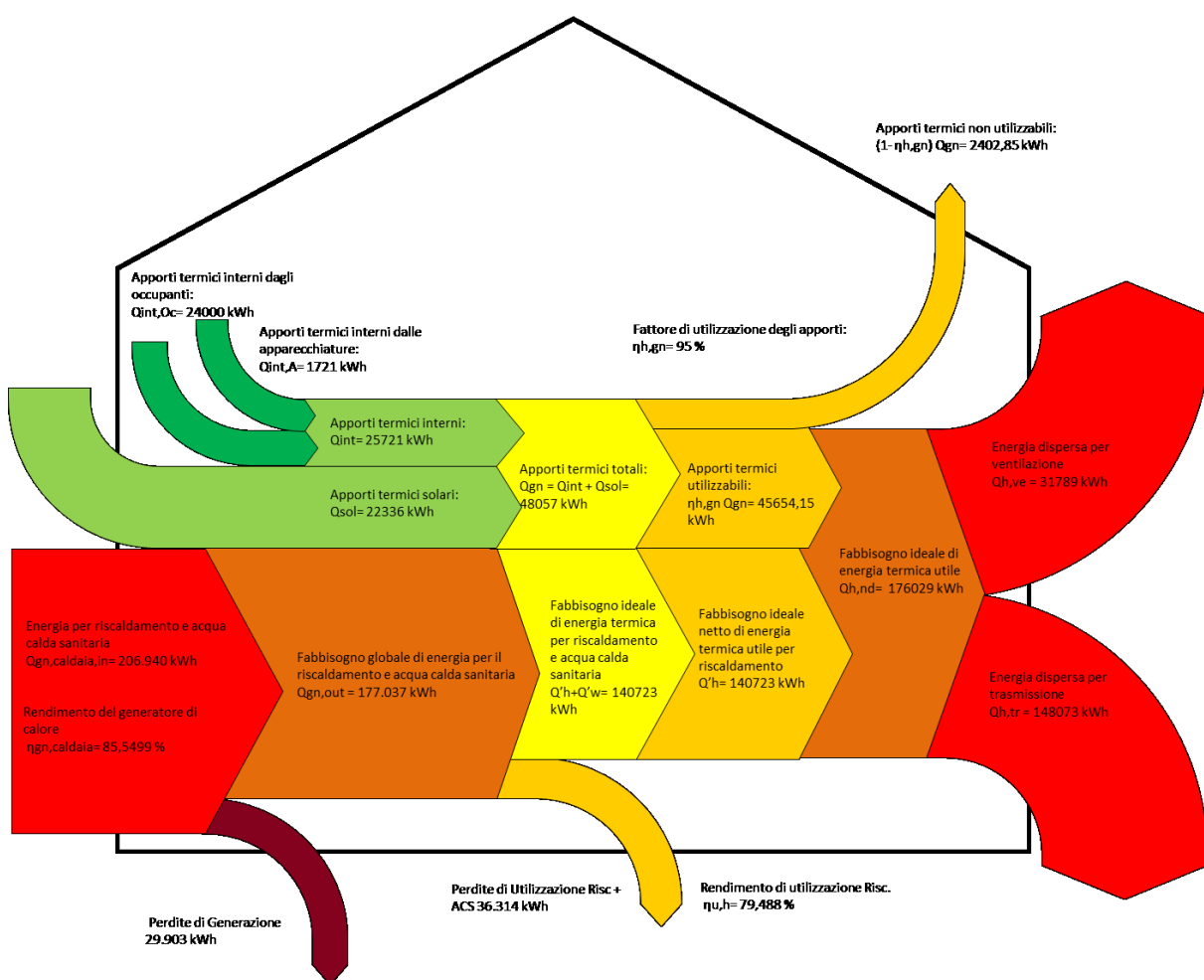
A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria, i risultati del bilancio energetico sono quindi stati rappresentati mediante diagrammi di Sankey.

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

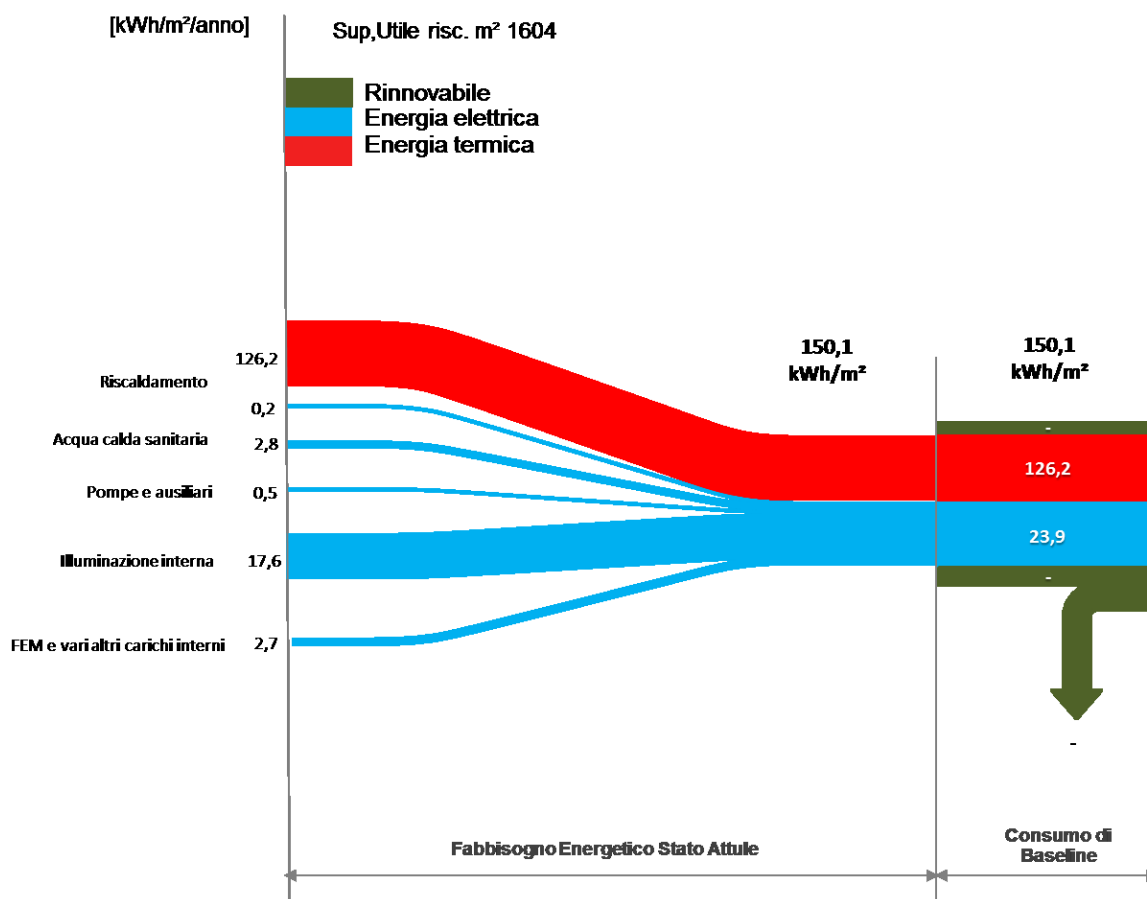
Figura 6.1

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

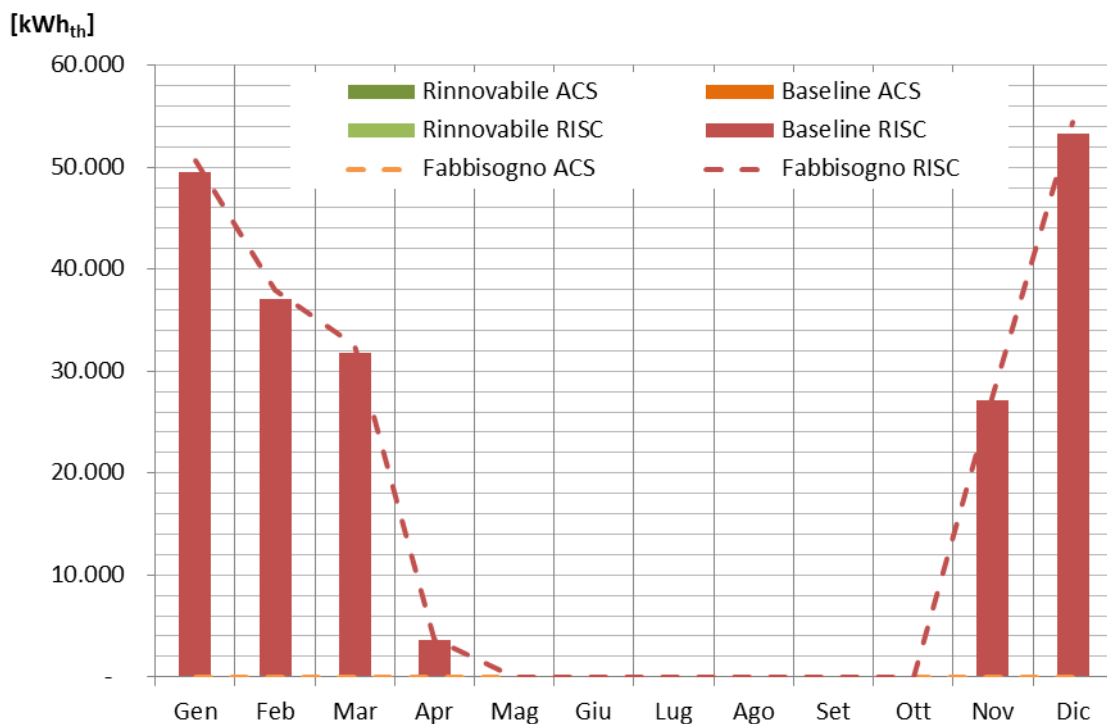


6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

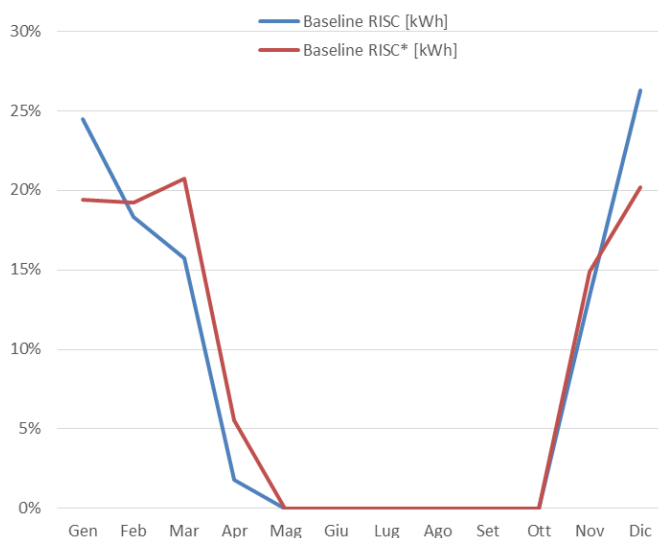
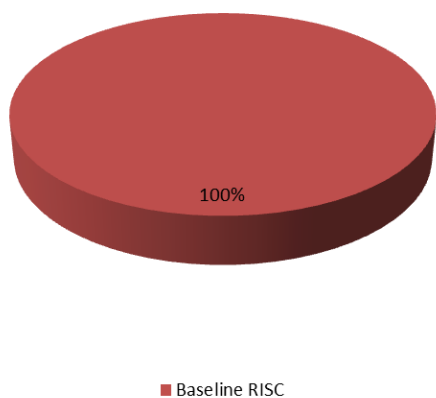
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione dei diversi utilizzi.

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

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione



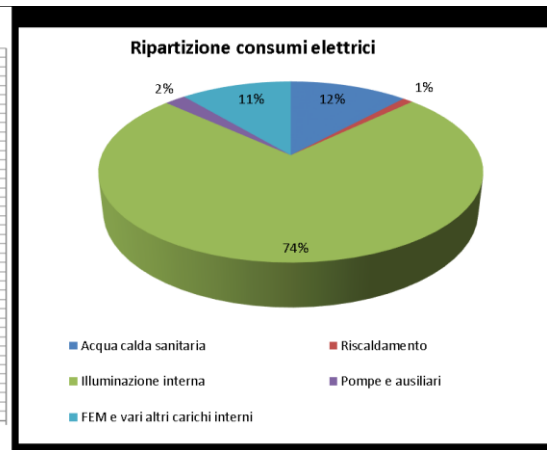
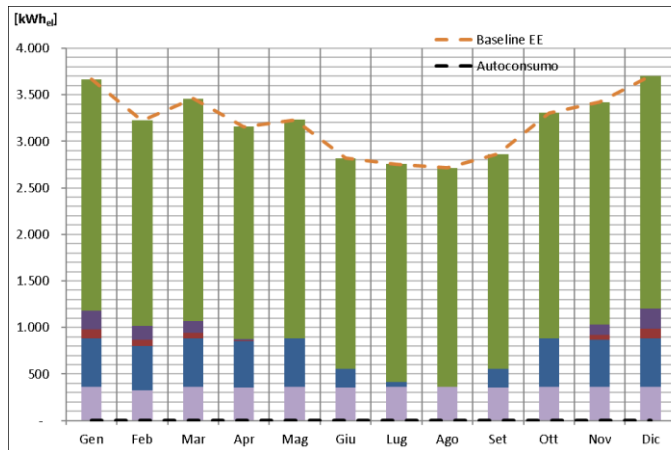
Ripartizione consumi termici



Si può notare come la totalità 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.

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

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi al servizio di illuminazione interna, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tale sistema.

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 un contratto per il PDR presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 03270050357602: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;

Nella tabella Tabella 7.1 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.1 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento

PDR: 03270050357602	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						3.917	48.230	0,081
Febbraio						3.381	41.631	0,081
Marzo						3.380	41.625	0,081
Aprile						476	5.867	0,081
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						2.082	25.637	0,081
Dicembre						2.730	33.618	0,081
Totale	-	-	-	-	-	15.967	196.609	0,081
PDR: 03270050357602	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						3.480	43.138	0,081
Febbraio						4.743	58.784	0,081
Marzo						4.458	55.259	0,081
Aprile						878	10.877	0,081
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-

Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre						2.144	26.577	0,081
Dicembre						2.882	35.722	0,081
Totale	-	-	-	-	-	18.585	230.357	0,081
PDR: 03270050357602	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						3.183	39.042	0,082
Febbraio						2.713	33.271	0,082
Marzo						3.180	39.010	0,082
Aprile						332	4.075	0,082
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						2.267	27.802	0,082
Dicembre						2.740	33.604	0,082
Totale	-	-	-	-	-	14.415	176.804	0,082

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.

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

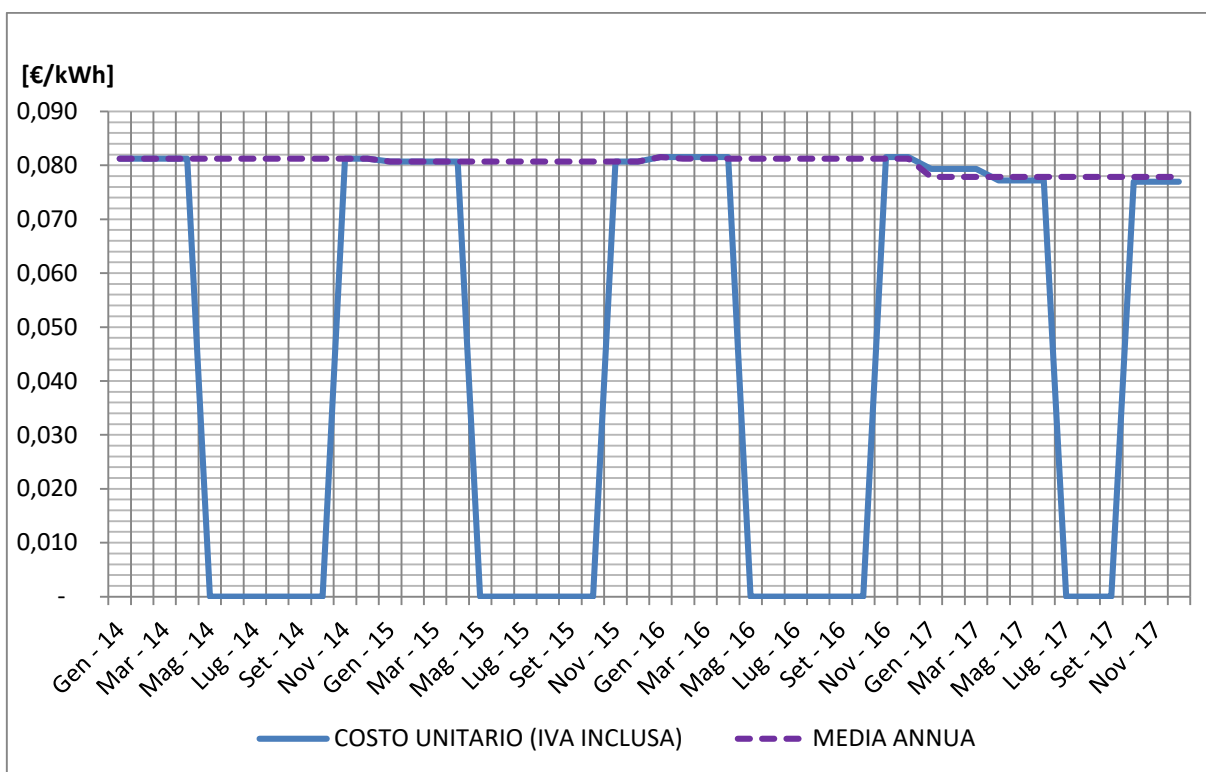
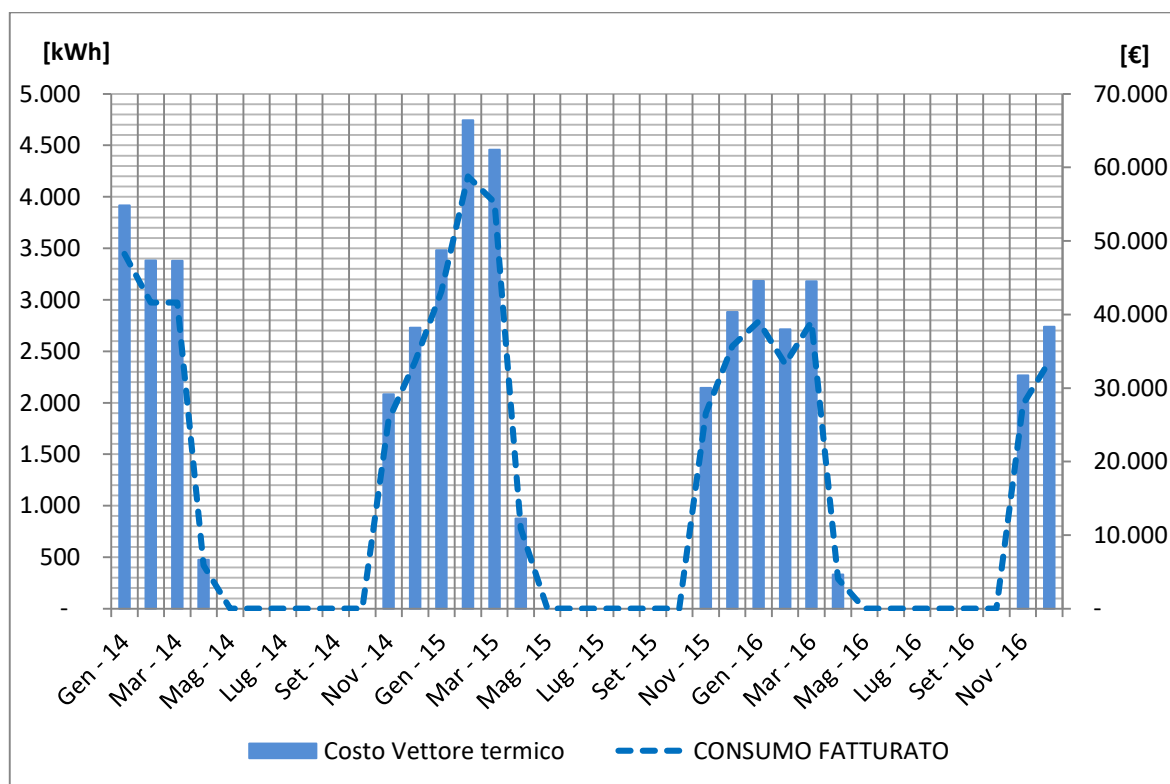


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è oscillante con picchi nei mesi della stagione di riscaldamento, essendo questa la sola componente. Come già detto tale consumo non è reale ma è ricostruito secondo le indicazioni della PA e riportati tra le varie mensilità in funzione

dell'effettivo funzionamento stagionale e dei GG reali. Anche il costo medio è stato fornito dall'elaborazione dei fogli di calcolo disponibili.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00098073: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- POD 2 – IT001E00122707: 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 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00098073	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Vittorino Era n. 1 Genova (GE)	Via Vittorino Era n. 1 Genova (GE)	Via Vittorino Era n. 1 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	6 kW	6 kW	6 kW
Potenza elettrica disponibile	6 kW	6,6 kW	6,6 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	380 V	BT, Allacciamento 380 V
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,140	0,123	0,123

POD: IT001E00122707	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Vittorino Era n. 1 Genova (GE)	Via Vittorino Era n. 1 Genova (GE)	Via Vittorino Era n. 1 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	28 kW	28 kW	28 kW
Potenza elettrica disponibile	28 kW	28 kW	28 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	380 V	BT, Allacciamento 380 V
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,078	0,068	0,082

Nota (13) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (14): 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 7.3 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00098073	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	12	2	43	-	2	13	68	162	0,422
Febbraio	35	6	64	-	6	24	197	725	0,272
Marzo	26	4	56	-	4	20	111	339	0,328
Aprile	21	5	51	-	3	18	98	269	0,363
Maggio	18	4	48	-	3	16	89	231	0,385
Giugno	10	2	29	-	2	9	38	135	0,283
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	7	2	39	-	1	11	60	104	0,577
Settembre	16	3	48	-	3	15	85	218	0,391
Ottobre	19	4	51	-	3	17	94	252	0,372
Novembre	23	4	55	-	4	19	105	303	0,347
Dicembre	20	4	53	-	3	18	98	274	0,358
Totale	206	40	537	-	34	180	1.043	3.012	0,346
POD: IT001E00098073	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	25	4	60	-	4	20	113	343	0,330
Febbraio	22	4	58	-	4	20	108	324	0,334
Marzo	18	4	54	-	3	18	97	277	0,351
Aprile	5	2	43	2	-	11	63	133	0,472
Maggio	4	1	41	1	-	10	58	110	0,529
Giugno	4	1	41	1	-	5	52	108	0,481
Luglio	4	-	39	1	-	10	54	84	0,643
Agosto	6	-	42	2	-	11	61	121	0,500
Settembre	3	-	38	1	-	9	51	70	0,735
Ottobre	3	1	42	1	-	5	53	107	0,492
Novembre	11	-	56	3	-	16	86	267	0,323
Dicembre	19	-	70	5	-	21	115	426	0,270
Totale	125	18	585	18	12	155	912	2.370	0,385
POD: IT001E00098073	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	9	-	49	3	-	13	75	215	0,348
Febbraio	18	-	67	5	-	20	111	432	0,257
Marzo	11	-	58	4	-	16	90	321	0,279



Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	28	-	169	-	6	31	234	511	0,459
Giugno	14	-	83	-	3	15	115	245	0,471
Luglio	16	-	80	-	3	15	114	227	0,502
Agosto	14	-	79	-	3	15	110	219	0,502
Settembre	14	-	73	-	2	14	102	182	0,560
Ottobre	31	-	107	-	5	22	165	395	0,417
Novembre	37	-	113	-	5	24	179	432	0,414
Dicembre	34	-	66	-	5	23	129	415	0,310
Totale	228	-	943	12	33	208	1.423	3.594	0,396

POD: IT001E00098073	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Cong. Marzo 1	-2		-3	-0		-1	-6	-31	0,179
Cong. Marzo 2	18	-	-	-	-	4	22	-	-

POD: IT001E00098073	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	ACCISE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	157	26	225	-	28	44	483	2.102	0,230
Febbraio	292	48	348	-	46	73	1.171	5.395	0,217
Marzo	266	44	327	-	42	68	747	3.381	0,221
Aprile	206	46	275	-	33	56	617	2.642	0,234
Maggio	213	48	279	-	35	57	631	2.769	0,228
Giugno	149	33	215	-	24	42	464	1.945	0,238
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	83	18	117	-	14	23	257	1.156	0,222
Settembre	187	39	249	-	30	50	555	2.428	0,229
Ottobre	252	48	333	-	41	67	740	3.251	0,228
Novembre	283	54	374	-	46	76	834	3.705	0,225
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	2.088	404	2.742	-	340	557	6.499	28.774	0,226
POD: IT001E00098073	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	585	110	783	-	100	158	1.736	7.975	0,218
Febbraio	263	51	370	-	48	73	805	3.816	0,211
Marzo	262	52	379	-	50	74	817	3.963	0,206
Aprile	88	24	217	24	-	35	389	1.935	0,201
Maggio	98	28	243	28	-	40	438	2.269	0,193
Giugno	94	28	242	28	-	39	431	2.253	0,191
Luglio	110	-	222	26	-	36	394	2.116	0,186



Agosto	129	-	224	30	-	38	422	2.438	0,173
Settembre	60	-	124	15	-	20	219	1.214	0,180
Ottobre	88	27	270	30	-	42	457	2.437	0,188
Novembre	171	-	424	52	-	65	713	4.194	0,170
Dicembre	191	-	448	56	-	70	765	4.453	0,172
Totale	2.140	321	3.948	291	197	690	7.587	39.063	0,194

POD: IT001E00098073	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	134	-	298	38	-	47	517	3.035	0,170
Febbraio	182	-	413	55	-	65	714	4.360	0,164
Marzo	153	-	446	50	-	65	715	4.034	0,177
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	373	-	694	-	85	115	1.267	6.793	0,186
Giugno	139	-	264	-	29	43	475	2.325	0,204
Luglio	99	-	192	-	17	31	339	1.386	0,244
Agosto	86	-	188	-	17	29	320	1.341	0,238
Settembre	169	-	266	-	29	46	506	2.348	0,216
Ottobre	285	-	358	-	44	69	755	3.507	0,215
Novembre	369	-	405	-	51	82	903	4.113	0,220
Dicembre	289	-	351	-	43	68	750	3.410	0,220
Totale	2.275	-	3.875	143	315	660	7.260	36.652	0,198

POD: IT001E00098073	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Cong. Marzo 1	-17	-	30	-5	-	1	9	-428	-0,021
Cong. Marzo 2	214	-	-	-	-	21	236	-	-

Nel

grafico

in

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

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

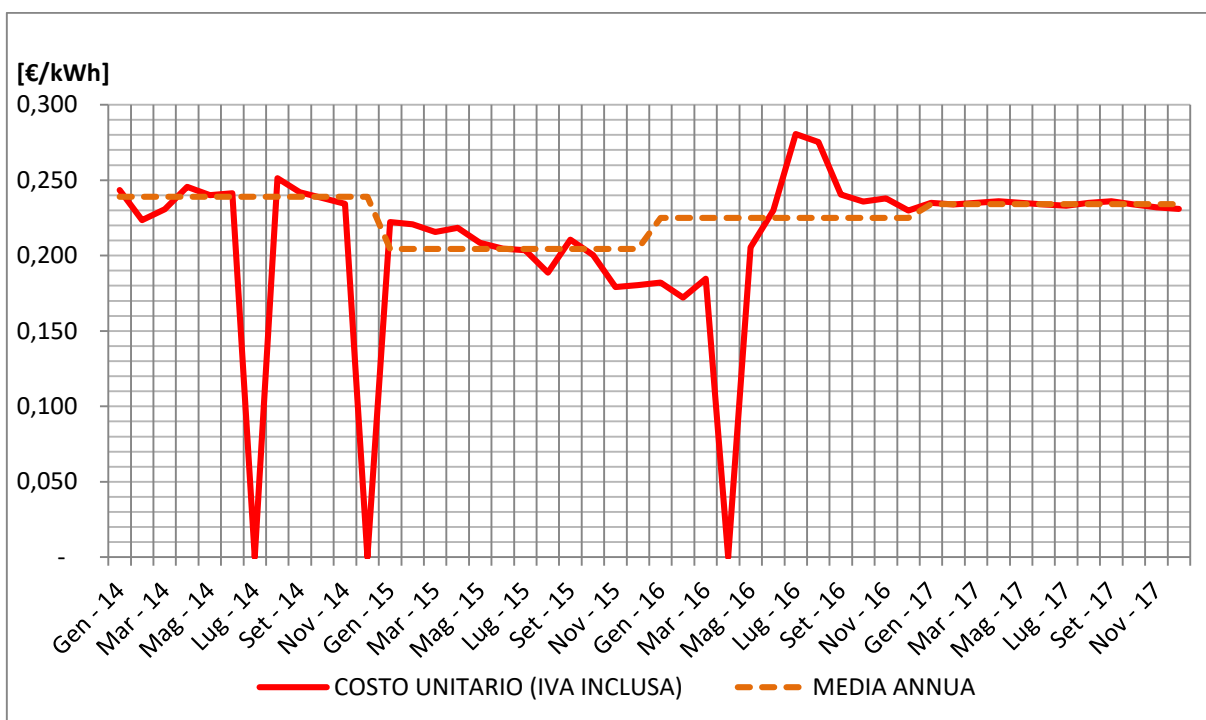
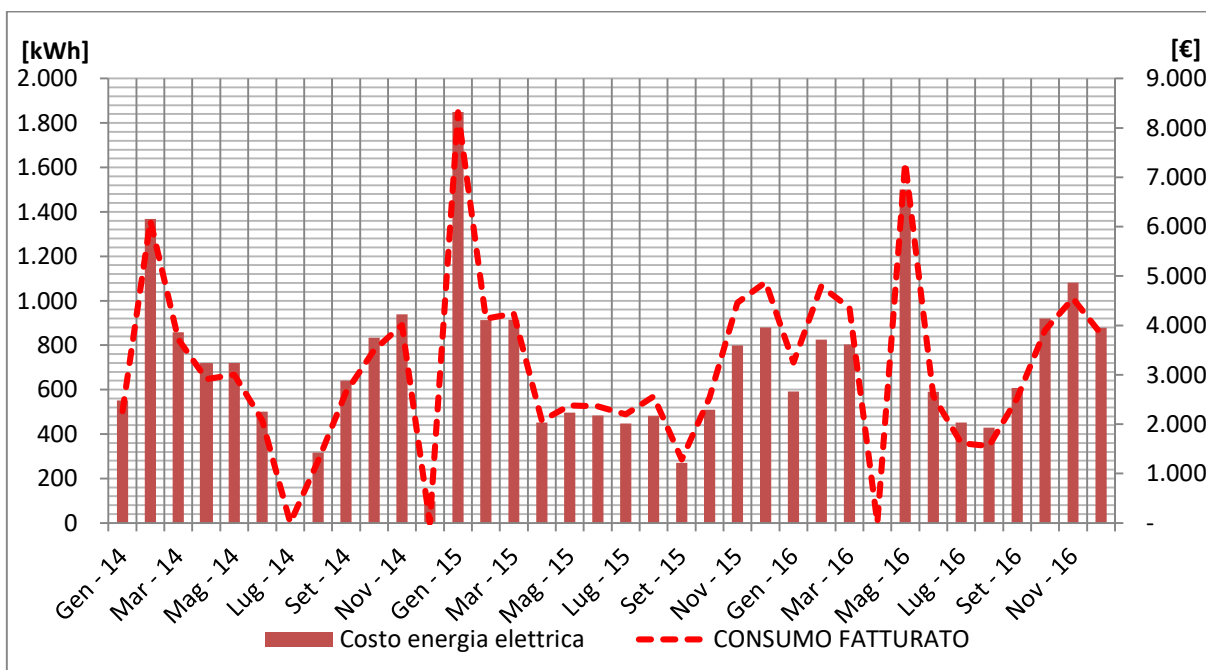


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



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 (mese Maggio 2016).

Dall'analisi risulta che alti costi unitari si hanno in corrispondenza dei mesi estivi in cui si raggiungono i minimi consumi a fronte di un alto costo di servizi di rete.

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 7.4 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	196.609	15.967	0,081	31.786	7.543	0,24	23.509
2015	230.357	18.585	0,081	41.433	8.498	0,21	27.083
2016	176.804	14.415	0,082	40.246	8.683	0,22	23.098
2017			0,078			0,214	
Media	203.580	16.500	0,081	40.840	8.591	0,210	25.091

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.5.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	CU _Q	0,078 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	CU _{EE}	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:

- L1-042-111: 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-E105.

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 7.6.

Tabella 7.6 – 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}	7.017 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	1.865 [€/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 24.741€.

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:

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

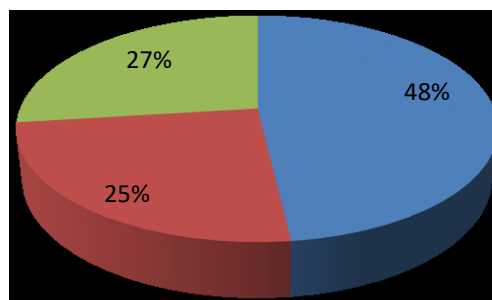
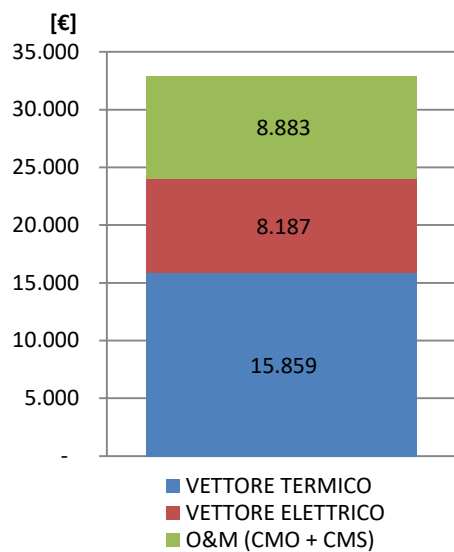
La Baseline dei Costi per il sistema edificio/impianti pre-intervento è pertanto uguale a:

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

Ne risulta quindi un C_E pari a 24.045€ e un $C_{baseline}$ pari a 32.928€.

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: isolamento a cappotto in EPS grigio con graffite sp. = 12 cm

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 facciata esistente



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. Il cappotto contribuirà inoltre a garantire un miglioramento dell'estetica del fabbricato che a seguito dell'intervento si presenterà con delle facciate completamente rinnovate

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

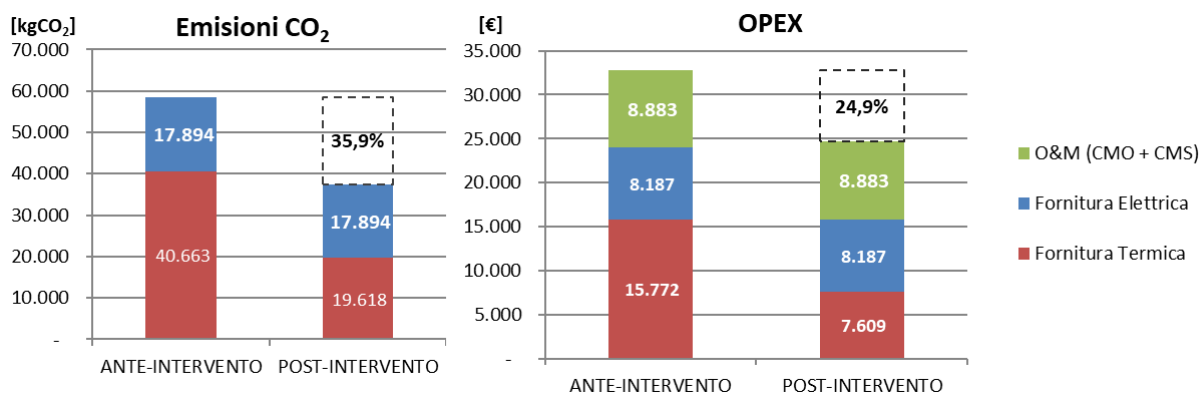
Tabella 8.1

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 Trasmittanza Termica	[W/m ² K]	5,7	2	64,9%
Q _{teorico}	[kWh]	206.940	99.837	51,8%
EE _{teorico}	[kWh]	39.935	39.935	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	201.304	97.118	51,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	38.317	38.317	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.663	19.618	51,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.894	17.894	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.557	37.512	35,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	15.772	7.609	51,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.187	8.187	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.959	15.796	34,1%
C _{MO}	[€]	7.017	7.017	0,0%
C _{MS}	[€]	1.865	1.865	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.883	8.883	0,0%
OPEX	[€]	32.841	24.678	24,9%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Nota (15) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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

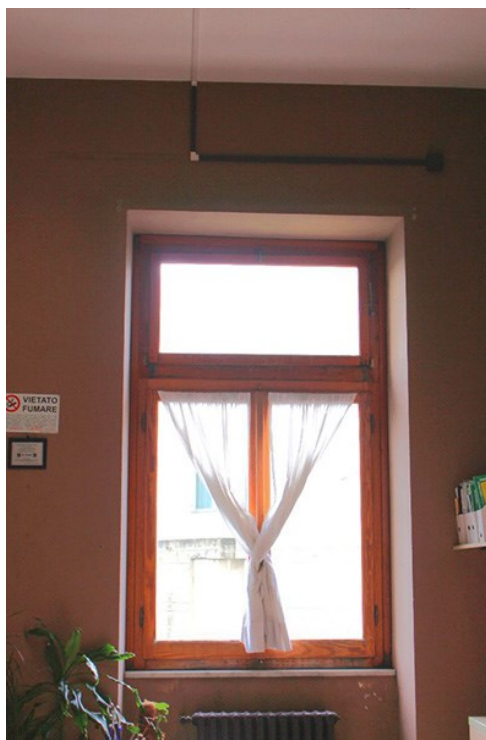
EEM2: Sostituzione Infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2k$

Generalità

Si ipotizza di realizzare una sostituzione dei serramenti esistenti con altri aventi $U_w=1,66 W/(m^2K)$.

L'efficientamento delle finestre consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro trasparente, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali della scuola. L'intervento permetterebbe inoltre di limitare le dispersioni termiche relative alle caratteristiche di permeabilità all'aria dell'edificio.

Figura 8.3- Particolare dei serramenti esistenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

La sostituzione dei serramenti migliorerà l'efficienza energetica dell'intero edificio oltre a garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno di tutti i locali della scuola.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato nel rispetto della norma UNI 11673-1:2017 ed in particolare

Le metodologie descritte dalla norma sono finalizzate alla verifica delle prestazioni dei giunti d'installazione e della loro coerenza alle prestazioni dei serramenti. In particolare la progettazione dei giunti d'installazione dovrà essere affrontata sui seguenti livelli:

- isolamento termico (analisi della presenza di isoterme critiche sulla superficie interna del sistema di posa in opera oggetto di verifica; analisi della temperatura media mensile minima per cui non sussistono le condizioni per la formazione di muffe sulla superficie interna dell'edificio in prossimità del giunto primario e/o secondario unicamente dipendente dal sistema di posa in opera; analisi del ponte termico lineare);
- isolamento acustico;
- permeabilità all'aria;
- resistenza meccanica al carico del vento e ai carichi propri;
- resistenza all'effrazione;
- durabilità e manutenibilità;
- composti organici volatili (VOC / COV) indoor e sostenibilità;
- comportamento termo-igrometrico e traspirabilità del giunto;
- requisiti base dei materiali di sigillatura e riempimento;
- compatibilità tra tipologie di sigillanti fluidi e substrati;
- prestazioni degli accessori e componenti.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1

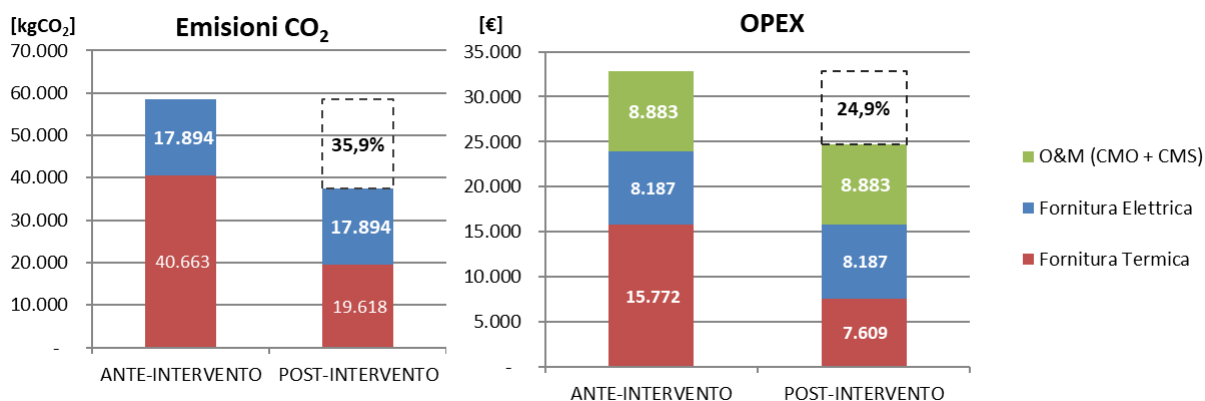
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,7	2	64,9%
Q _{teorico}	[kWh]	206.940	182.657	11,7%
EE _{teorico}	[kWh]	39.935	39.935	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	201.304	177.683	11,7%
EE _{baseline}	[kWh]	38.317	38.317	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.663	35.892	11,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.894	17.894	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.557	53.786	8,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	15.772	13.922	11,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.187	8.187	0,0%
Fornitura Energia, C_e	[€]	23.959	22.108	7,7%
C _{MO}	[€]	7.017	7.017	0,0%
C _{MS}	[€]	1.865	1.865	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.883	8.883	0,0%
OPEX	[€]	32.841	30.991	5,6%
Classe energetica	[-]	E	E	0 classi

Nota (15) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.4 – EEM1: 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.

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°100 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 8.2.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Termoregolazione

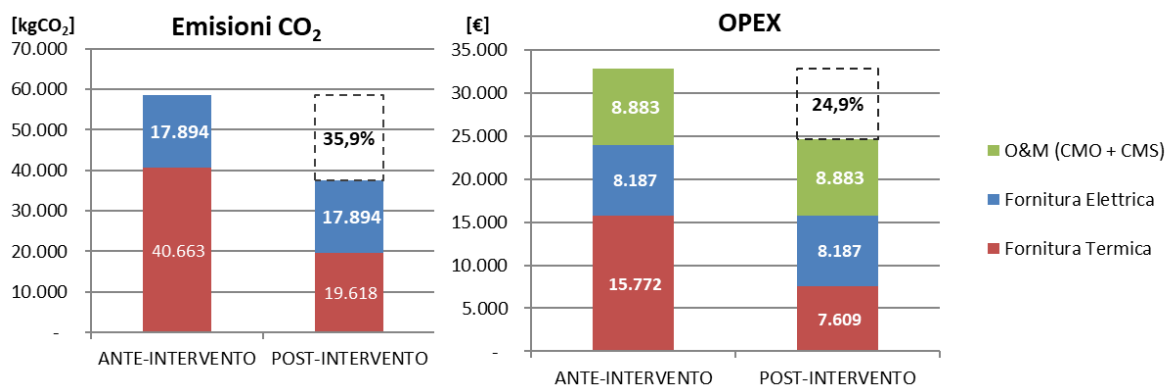
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	5,7	2	64,9%
Q _{teorico}	[kWh]	206.940	198.462	4,1%
EE _{teorico}	[kWh]	39.935	39.935	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	201.304	193.057	4,1%
EE _{baseline}	[kWh]	38.317	38.317	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.663	38.998	4,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.894	17.894	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.557	56.891	2,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	15.772	15.126	4,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.187	8.187	0,0%

Fornitura Energia, C _e	[€]	23.959	23.313	2,7%
C _{MO}	[€]	7.017	7.017	0,0%
C _{MS}	[€]	1.865	1.865	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.883	8.883	0,0%
OPEX	[€]	32.841	32.195	2,0%
Classe energetica	[-]	E	E	0 classi

Nota (15) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.5 – 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 manutenzione 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 449 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 8.6 - Particolare del generatore di calore attuale



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.4 e Figura 8.7.

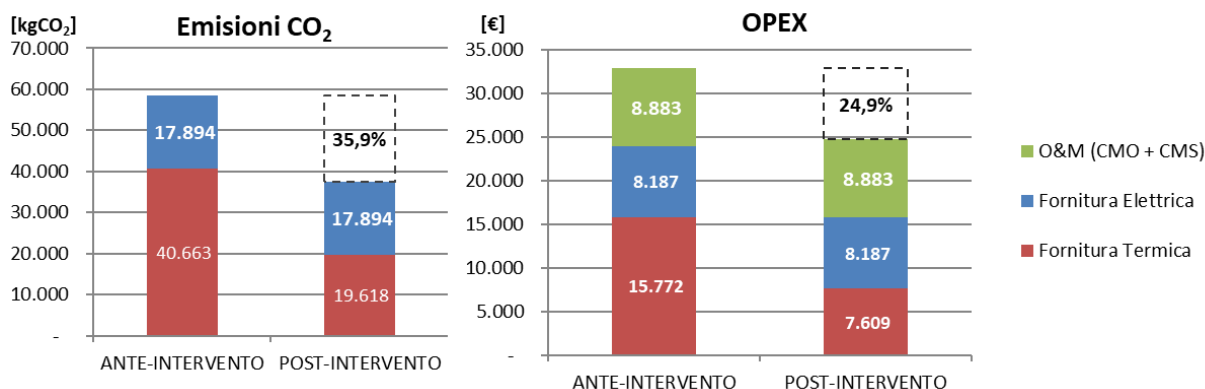
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM5 – Sostituzione generatore di calore su scenario 15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 Efficienza sottosistema di generazione	[%]	84,40%	93,10%	10,3%
Q _{teorico}	[kWh]	206.940	186.276	10,0%
EE _{teorico}	[kWh]	39.935	39.604	0,8%
Q _{baseline}	[kWh]	201.304	181.203	10,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	38.317	37.999	0,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.663	36.603	10,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.894	17.746	0,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.557	54.348	7,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	15.772	14.197	10,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.187	8.119	0,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.959	22.316	6,9%
C _{MO}	[€]	7.017	3.509	50,0%
C _{MS}	[€]	1.865	933	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.883	4.441	50,0%
OPEX	[€]	32.841	26.757	18,5%
Classe energetica	[-]	C	C	0 classi

Nota (15) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.7 – 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 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: Efficiamento 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 18 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 29 W garantiscono prestazioni ed efficienza più elevate, oltre che una migliore qualità del livello di illuminamento.

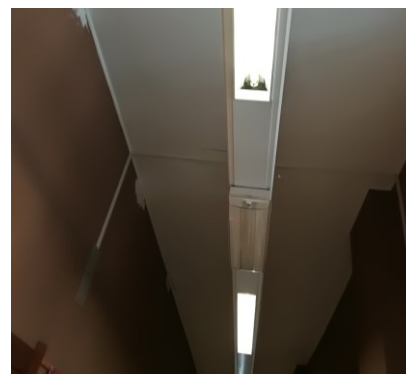
Le lampade a LED rispetto alle attuali lampade a fluorescenza garantiscono maggiore durata di vita, un maggior flusso luminoso a parità di potenza elettrica assorbita, minor calore sviluppato e accensione a freddo.

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

Figura 8.8 - Particolare di una lampada fluorescente attualmente installata

modificare le strutture interne.



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Figura 8.2 e nella Figura 8.9.

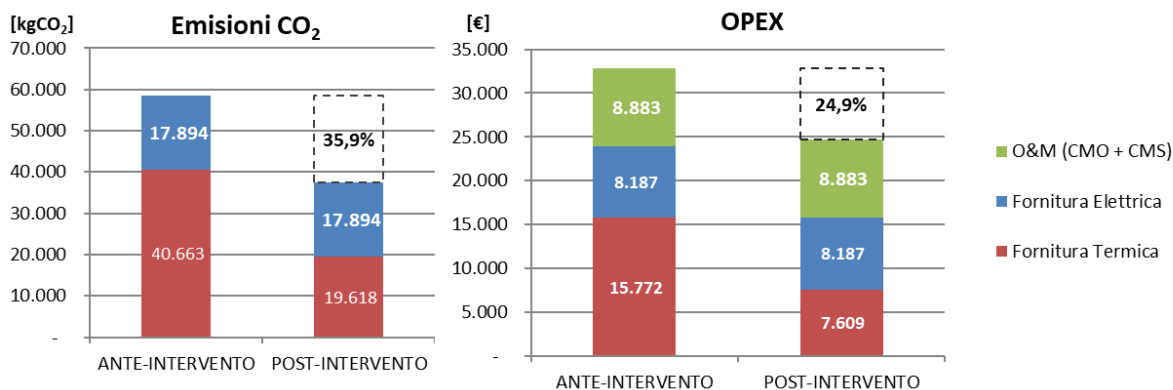
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 – Installazione Impianto Illuminazione LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4	[-]	5,7	2	64,9%
Q _{teorico}	[kWh]	206.940	206.940	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	39.935	25.539	36,0%
Q _{baseline}	[kWh]	201.304	201.304	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	38.317	24.504	36,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.663	40.663	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.894	11.443	36,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.557	52.107	11,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	15.772	15.772	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.187	5.235	36,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.959	21.008	12,3%
C _{MO}	[€]	7.017	7.017	0,0%
C _{MS}	[€]	1.865	1.865	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.883	8.883	0,0%
OPEX	[€]	32.841	29.890	9,0%
Classe energetica	[-]	E	F	0 classi

Nota (15) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.9 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.5 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

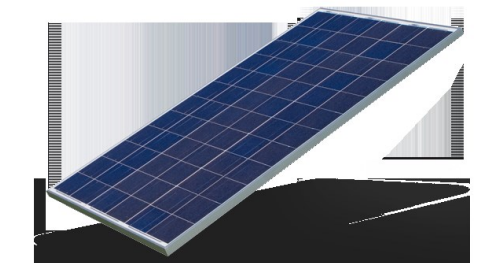
EEM6: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili – installazione di un impianto fotovoltaico

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 8.10 – 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 14 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 8.6 e nella Figura 8.2 per lo scenario a 15 anni mentre **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** per lo scenario a 25 anni.

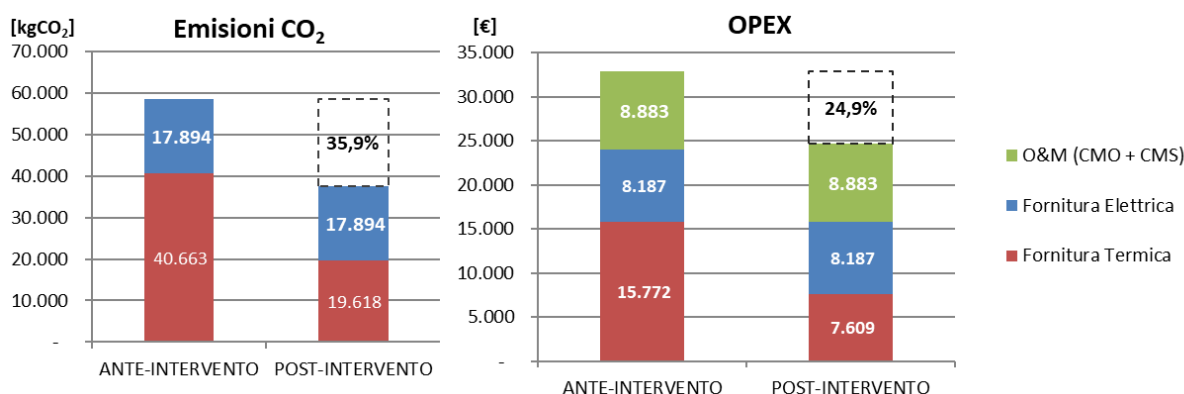
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM6 – Installazione impianto fotovoltaico 6 kWp scenario 15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM6 Riduzione consumo energia elettrica	[kWh]	27.949	10.337	63,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	61.857	61.857	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	27.949	10.337	63,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	61.857	61.857	0,0%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	27.949	10.337	63,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	12.495	12.495	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.052	4.827	63,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.547	17.322	32,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	4.847	4.847	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.971	2.209	63,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.818	7.055	34,8%
C_{MO}	[€]	7.017	3.509	50,0%
C_{MS}	[€]	1.865	933	50,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	8.883	4.441	50,0%
OPEX	[€]	19.701	11.496	41,6%
Classe energetica	[-]	C	C	0 classi

Nota (15) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.11 – 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: isolamento a cappotto in EPS grigio con graffite sp. 12 cm

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione delle pareti esterne dell'edificio mediante la posa del cappotto termico in polistirene EPS grigio con graffite (sp=12cm).

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: isolamento a cappotto in EPS grigio con graffite sp. 12 cm

DESCRIZIONE	FONTI 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	19680	m ² cm	€ 0,64	€ 12.523,64	22%	€ 15.278,84
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	1640	m ²	€ 9,84	€ 16.131,64	22%	€ 19.680,60
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m ² orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	1640	kg	€ 0,75	€ 1.222,55	22%	€ 1.491,51
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	820	kg	€ 0,45	€ 365,27	22%	€ 445,63
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	Prezzario Regione Liguria	1640	m ²	€ 12,98	€ 21.290,18	22%	€ 25.974,02

mese di utilizzo.									
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	1640	m2	€ 6,60	€ 10.824,00	22%	€ 13.205,28		
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	1640	m2	€ 4,37	€ 7.171,27	22%	€ 8.748,95		
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	1640	m2	€ 21,63	€ 35.468,73	22%	€ 43.271,85		
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 3.149,92	22%	€ 3.842,90		
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 7.349,81	22%	€ 8.966,77		
TOTALE (I₀ – EEM1)					€ 115.497	22%	€ 140.906		
Incentivi	[Conto termico]							€ 56.362,54	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 11.272,51	

EEM2: Sostituzione Infissi con altri aventi U=1,66W/m²K

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, sostituzione degli infissi.

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 450€/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 100.000 €. Tali incentivi sono erogabili solo nel caso in cui vengano installati, congiuntamente ai serramenti, sistemi di termoregolazione. 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 senza l'incentivo, esso sarà poi calcolato solamente nelle misure di efficienza congiunte degli scenari a medio/lungo termine, che prevederanno il 40% oppure il 55%.

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM2: sostituzione infissi con altri aventi U=1,66W/m²K

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]		[€]
Rimozione senza recupero di serramenti in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare per misurazioni minima 2 mq	Prezzario Regione Liguria	373,78	m2	€ 27,37	€ 10.231,38	22%	€ 12.482,28
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezzario Regione Liguria	373,78	m2	€ 299,00	€ 111.760,22	22%	€ 136.347,47
solo posa in opera di finestra o portafinestra in alluminio, pvc, legno acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio	Prezzario Regione Liguria	373,78	m2	€ 44,12	€ 16.490,49	22%	€ 20.118,40
Controtelaio per finestre,	Prezzario Regione	77,33356	m	€ 6,90	€ 533,60	22%	€ 650,99

portefinestre e simili, in legno.		Liguria						
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezzario Regione Liguria	56,067	m3	€ 10,70	€ 599,92	22%	€ 731,90	
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 4.188,47	22%	€ 5.109,93	
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 9.773,09	22%	€ 11.923,17	
TOTALE (I₀ – EEM2)					€ 153.577	22%	€ 187.364	
Incentivi	[Conto termico]							
Durata incentivi								
Incentivo annuo								

EEM3: installazione di sistemi di termoregolazione

Nella Tabella 9.13 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, si ipotizza di realizzare installare 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 di sistemi 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	100	cad	€ 37,61	€ 3.760,91	22%	€ 4.588,31
Detentori in bronzo per tubi del diametro di: 20 mm a squadra	Prezzario Regione Liguria	100	cad	€ 9,20	€ 920,00	22%	€ 1.122,40
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	67	h	€ 28,98	€ 1.932,12	22%	€ 2.357,19
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 198,39	22%	€ 242,04
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 462,91	22%	€ 564,75
TOTALE (I₀ – EEM3)					€ 7.274	22%	€ 8.875
Incentivi	[Conto termico]						
Durata incentivi							
Incentivo annuo							

EEM4: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a 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.** 4 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM4: installazione di sistemi di illuminazione a LED

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	409	cad	€ 5,21	€ 2.130,52	22%	€ 2.599,23
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Milano	14	cad	€ 89,96	€ 1.259,49	22%	€ 1.536,58
Lampade lineari a LED non dimmerabili 9 - 10W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	14	cad	€ 26,10	€ 365,40	22%	€ 445,79
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 22 W - lunghezza 1300 mm	Milano	285	cad	€ 111,92	€ 31.896,68	22%	€ 38.913,95
Lampade lineari a LED non dimmerabili 19-20W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	285	cad	€ 39,12	€ 11.148,68	22%	€ 13.601,39
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Milano	110	cad	€ 126,82	€ 13.950,00	22%	€ 17.019,00
Lampade lineari a LED non dimmerabili 34W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	110	cad	€ 65,45	€ 7.199,00	22%	€ 8.782,78
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 2.038,49	22%	€ 2.486,96
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 4.756,48	22%	€ 5.802,91
TOTALE (I₀ – EEM4)					€ 74.745	22%	€ 91.189
Incentivi	[Conto termico]						€ 22.596,56
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 4.519,31

EEM5: Efficiamento generatore di calore

Nella Tabella 9.1 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 9.6 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.5– Analisi dei costi della EEM5: installazione di nuovo 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		€ 2.594,36	€ 2.594,36	22%	€ 3.165,12
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	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 21.965,00	€ 21.965,00	22%	€ 26.797,30

metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 275 Kw circa										
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	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	€	419,17	€	419,17	22%	€	511,39
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	2	cad	€	25,87	€	51,75	22%	€	63,13
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	7	h	€	31,28	€	218,97	22%	€	267,15
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%	%			€	802,45	22%	€	978,99
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€	1.872,38	22%	€	2.284,30
TOTALE (I₀ – EEM5)						€	26.829	22%	€	35.896
Incentivi	[Conto termico]									14358
Durata incentivi										5
Incentivo annuo										2872

EEM6: Installazione impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, si ipotizza di installare impianto da fonti rinnovabili quale un sistema fotovoltaico.

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi dal conto termico 2.0. Per questo il costo potrà essere ammortizzato solamente dal risparmio energetico ottenibile o per altre procedure finanziarie da definire in un secondo momento con la stazione appaltante.

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

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
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	14	kWp	€ 2.466,80	€ 34.535,20	22%	€ 42.132,94
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 a 20 kWp							
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.036,06	22%	€ 1.263,99
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.417,46	22%	€ 2.949,31
TOTALE (I₀ – EEM6)					€ 37.989	22%	€ 46.346
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):

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

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: Isolamento a cappotto in EPS grigio con graffite sp. 12 cm

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– isolamento a cappotto in EPS grigio con graffite sp. 12 cm

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 140.906
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno 11.273
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	16,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	25,8
Valore attuale netto	VAN	10.659
Tasso interno di rendimento	TIR	4,7%
Indice di profitto	IP	0,08

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

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

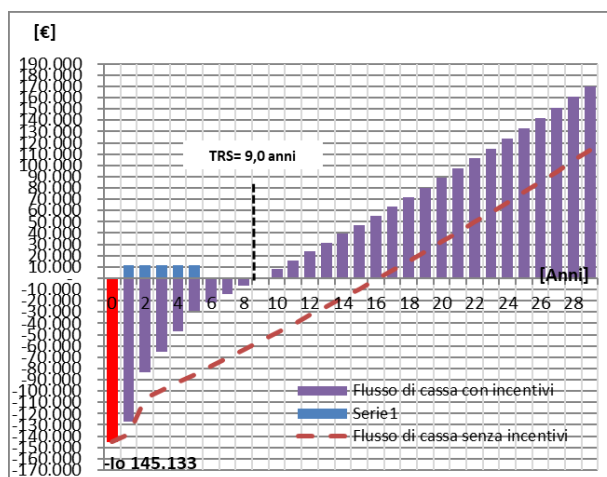
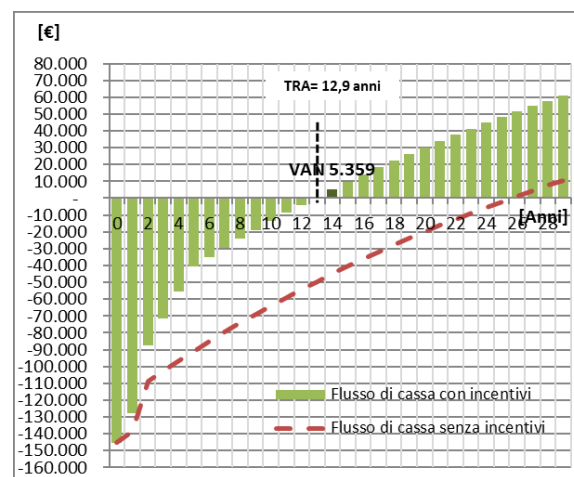


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di cappottatura delle facciate verticali esterne ha un TRS di 9 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 16.2 anni.

EEM2: Sostituzione Infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2K$

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– Sostituzione Infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2K$

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	187.364
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	66,8	66,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	94,5	94,5
Valore attuale netto	VAN	- 131.752	- 131.752
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,8%	-5,8%
Indice di profitto	IP	-0,70	-0,70

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

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

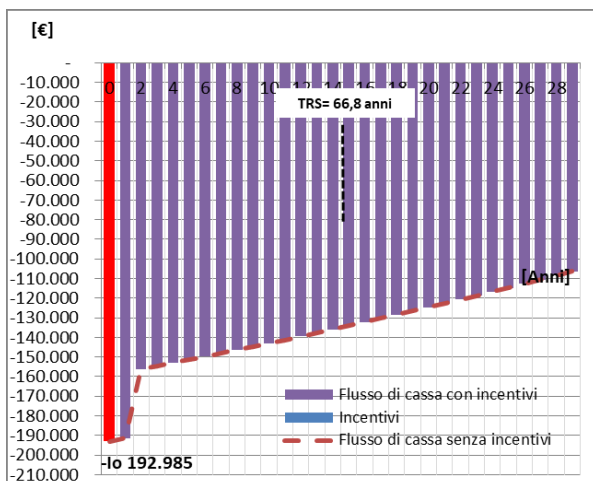
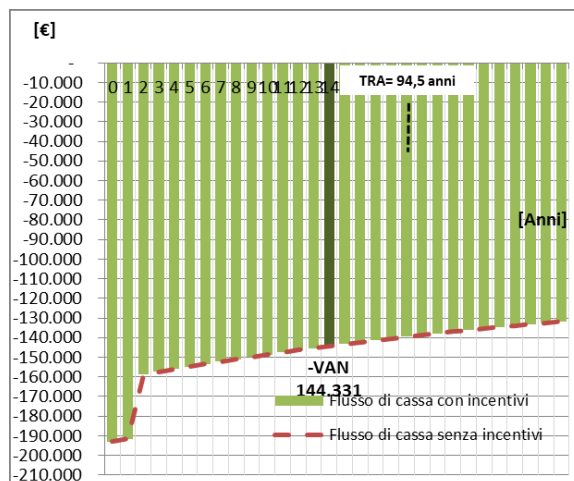


Figura 9.4– EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione dei serramenti ha un TRS di 66.8 anni considerando di non ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento non risulta particolarmente conveniente considerando soltanto gli aspetti energetici anche su lunghi periodi

EEM3: Installazione di sistemi di 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- Installazione di sistemi di termoregolazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	8.875
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	13,2	13,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	18,1	18,1
Valore attuale netto	VAN	- 1.581	- 1.581
Tasso interno di rendimento	TIR	0,9%	0,9%
Indice di profitto	IP	-0,18	-0,18

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata..

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

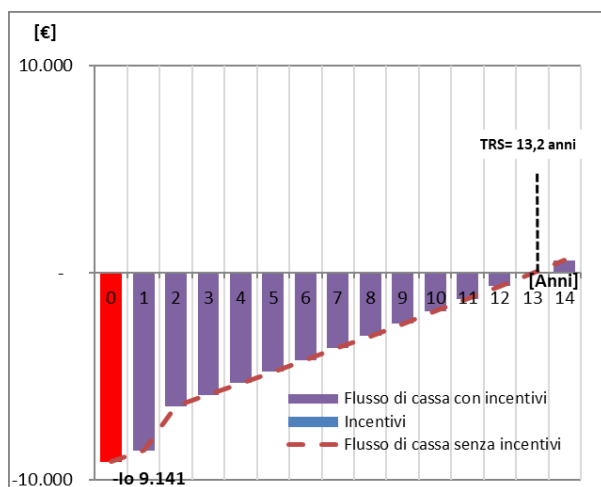
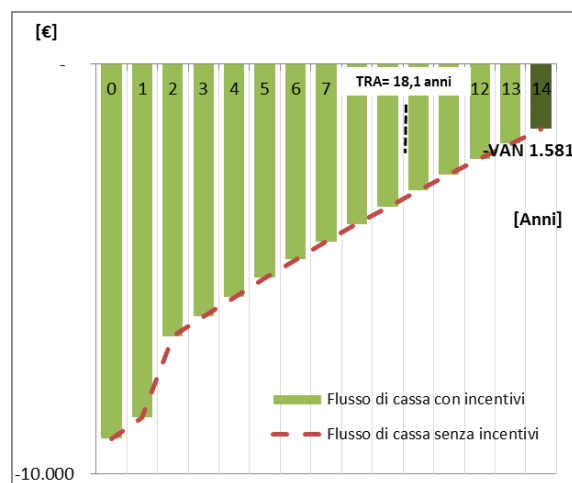


Figura 9.6– EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di installazione di sistemi di termoregolazione quali valvole termostatiche ha un TRS di 13,2 anni senza considerare incentivi in quanto se realizzato da solo non consente di ottenerne. La sola installazione delle valvole risulta di per se sostenibile su medi periodi, inoltre tale intervento è necessario per l'aumento delle percentuali di sovvenzione previste del conto termico laddove si preveda la sostituzione del generatore o 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– Installazione di sistemi di illuminazione a LED

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	91.189

Oneri Finanziari % _{lo}	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	4.519
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	22,0	13,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	24,7	14,9
Valore attuale netto	VAN	- 63.515	- 43.396
Tasso interno di rendimento	TIR	-24,6%	-14,3%
Indice di profitto	IP	-0,70	-0,48

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

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

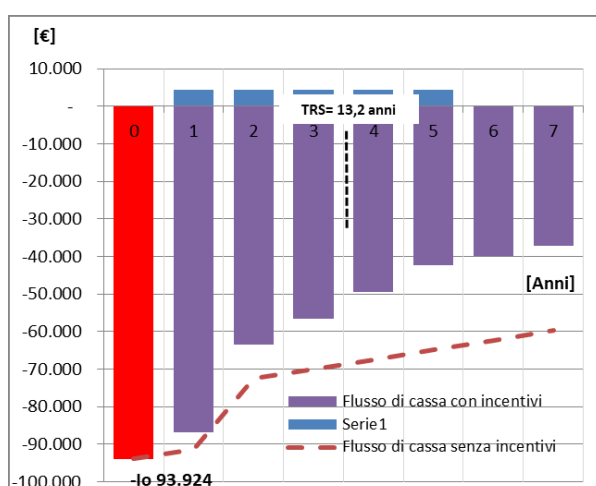
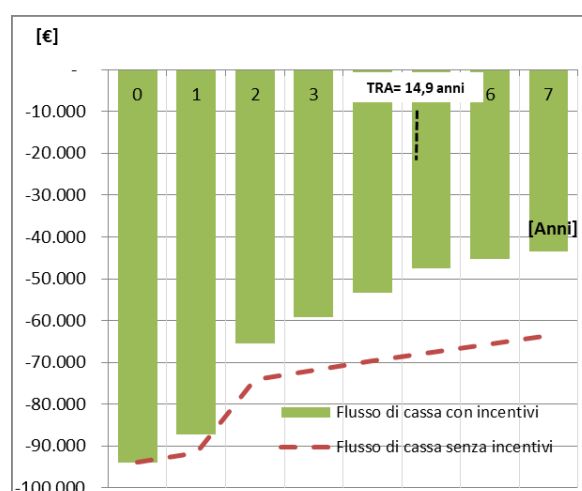


Figura 9.8– EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione dei sistemi di illuminazione esistenti con nuovi a LED ha un TRS di 13,2 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 22 anni. E' necessario, infatti, 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

EEM5: Efficientamento sistema di generazione

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– Installazione di un nuovo generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
-----------------------	------	--------

Investimento Iniziale	I_0	€	35.896
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	2.872
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,0	3,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,3	4,5
Valore attuale netto	VAN	24.272	37.056
Tasso interno di rendimento	TIR	13,5%	19,9%
Indice di profitto	IP	0,68	1,03

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

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

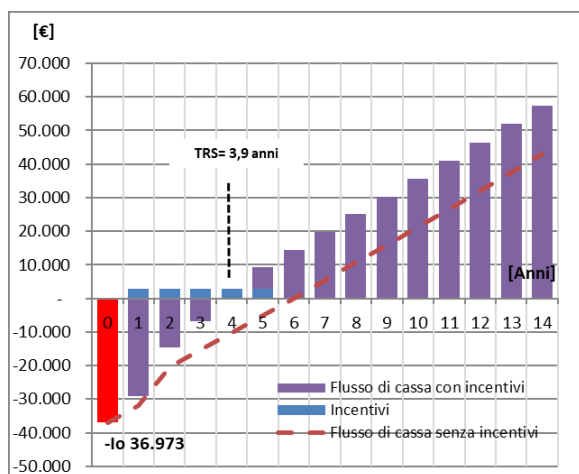
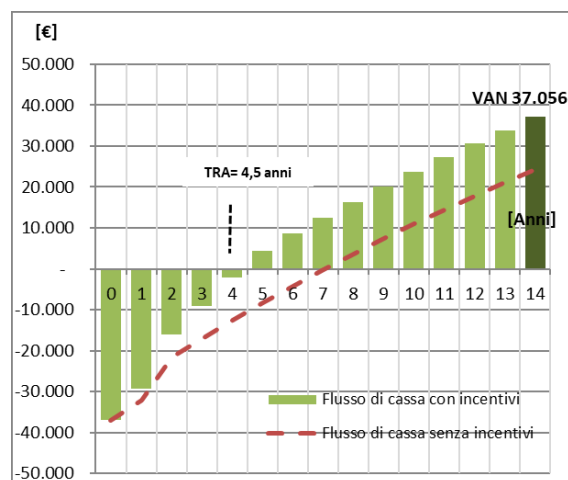


Figura 9.10– EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento sostituzione del generatore a seguito degli interventi "to be lean" ha un TRS di 3.9 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 55% dei costi, previsto nel caso di interventi aggregati con altri che prevedono l'efficientamento energetico dell'involucro, tale intervento può, quindi, essere preso in considerazione anche su scenari di breve periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile su brevi periodi in quanto il TRS è di 6 anni. Pertanto tale intervento rientra su scenari di medio e lungo periodo. Si precisa che negli scenari l'intervento sarà costituito dell'unione di altri con tempi di ritorno maggiori la sua sostenibilità va comunque valutata nell'ambito dello scenario di riferimento.

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	€ 46.346
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 5,7	5,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA 6,8	6,8
Valore attuale netto	VAN 55.095	55.095
Tasso interno di rendimento	TIR 16,0%	16,0%
Indice di profitto	IP 1,19	1,19

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e **Errore**. L’origine riferimento non è stata trovata..

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

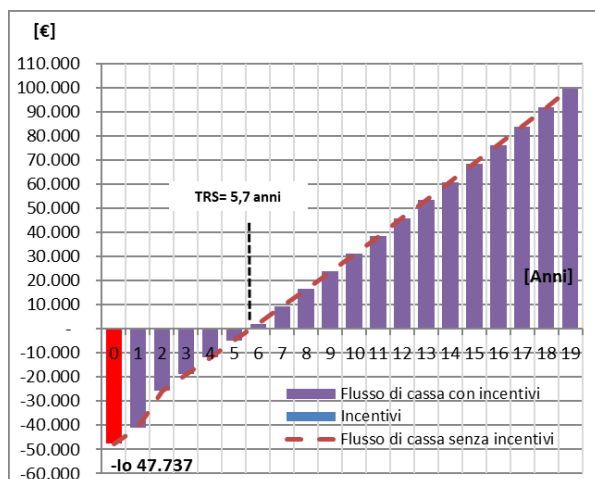
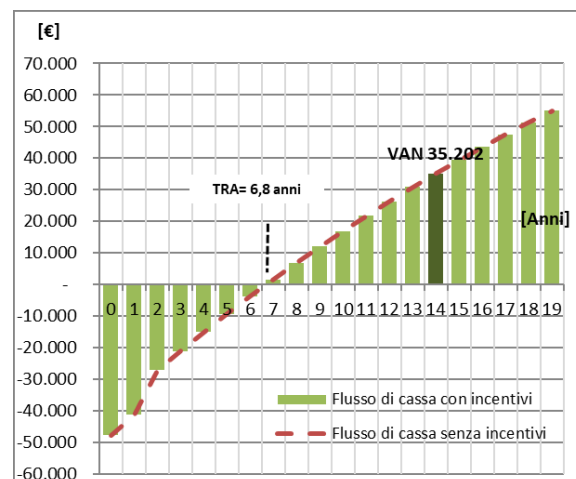


Figura 9.12– EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di installazione dell’impianto fotovoltaico a seguito degli interventi “to be lean” e “to be clean” ha un TRS di 5.7 anni senza considerare incentivi attualmente non disponibili, L’intervento risulta pertanto sostenibile anche si medi periodi. Si precisa che essendo l’intervento conseguente ad altri con tempi di ritorno maggiori la sua sostenibilità va comunque valutata nell’ambito dello scenario di riferimento

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle **Errore**. L’origine riferimento non è stata trovata. e Dall’analisi dei risultati emerge che senza incentivi solo

pochi interventi (sostituzione generatore e installazione impianto FV) sono sostenibili sul medio/breve periodo, in particolare gli interventi sull'involucro del cappotto termico hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 16 anni

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	34.1	35.9	8163	0	0	-140906	16,2	25,8	10659 \geq 0	4,7	0,08
EEM 2	7.37	8.1	1850,7	0	0	-187364	66,8	94,5	-131752 \leq 0	-5,8	-0,7
EEM 3	2.7	2.8	646,2	0	0	-8875	13,2	18,1	-1581 \leq 0	0,9	-0,18
EEM 4	12,3	11	2951	0	0	-91.189	22	24.7	-63515 \leq 0	-24.6	-0.7
EEM 5	6.9	7.2	1.642	3.509	933	-35896	6	7.3	24.272 $>$ 0	13.5	0.68
EEM 6	34.8	32.2	3.762.9	3.509	933	-35896	5.7	6.8	55.096 $>$ 0	16	1.19

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 pochi interventi (sostituzione generatore e installazione impianto FV) sono sostenibili sul medio/breve periodo, in particolare gli interventi sull'involucro del cappotto termico hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 16 anni

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	32,7	34,6	8163	0	0	140906	9,0	12,9	60842 \geq 0	8,6	0.43
EEM 2	7,4	7,8	1850,7	0	0	187364	66,8	94,5	-131752 \leq 0	-5,8	-0,7
EEM 3	2,6	2,7	646,2	0	0	-8875	13,2	18,1	-1581 \leq 0	0,9	-0,18
EEM 4	12,4	11,2	3105,5	0	0	91.189	13,2	14,6	-43396 \geq 0	-14,3	-0.48
EEM 5	5,3	5,7	603	3.509	933	-35896	3.9	4.5	37.056 $>$ 0	19.9	1.03
EEM 6	29,7	27,5	3212,8	3.509	933	-35896	5.7	6.8	55.096 $>$ 0	16	1.19

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 sostituzione dei serramenti raggiungono dei tempi di ritorno semplici inferiori ai 15 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 proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: 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 (termico, illuminazione interna) oltre che l'installazione di impianti FER

9.3.1 Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni:

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

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

EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione

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 AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	104.997	23.099	128.097
EEM3 Fornitura & Posa	6.613	1.455	8.068
EEM5 Fornitura & Posa	14.809	3.258	18.067
Costi per la sicurezza	3.793 €	834 €	4.627 €
Costi per la progettazione	8.849 €	1.947 €	10.796 €
TOTALE (I₀)	139.061	30.593	169.655
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	1.746	464	2.210
TOTALE (C_M)	1.746	464	2.210
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	93.310	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		18.662	

Nota (16): 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%.

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

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

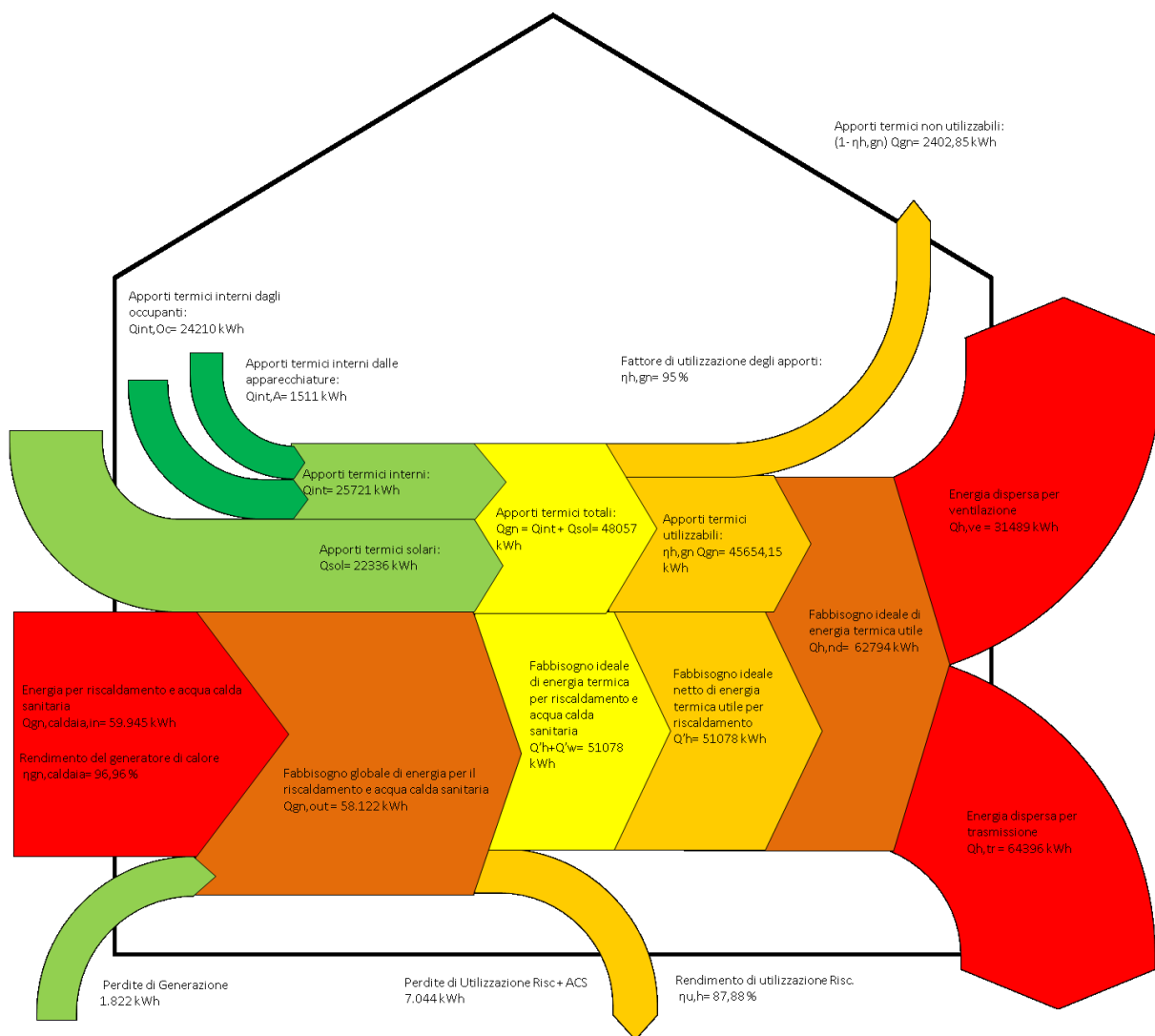


Figura 9.14– Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

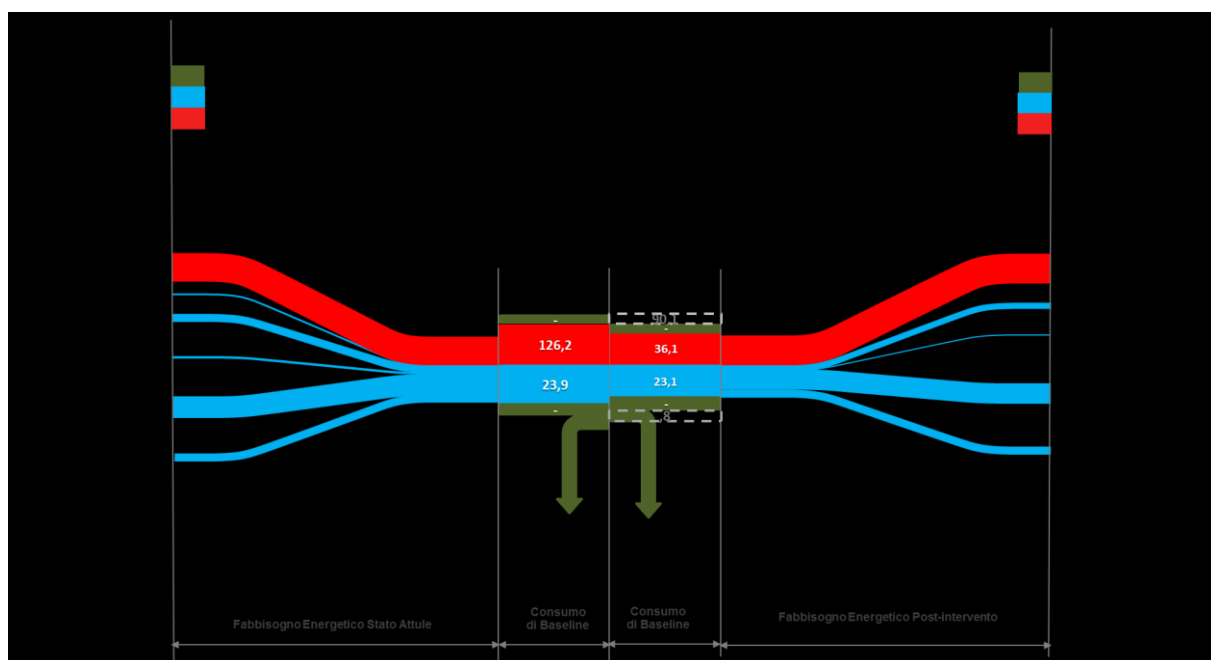


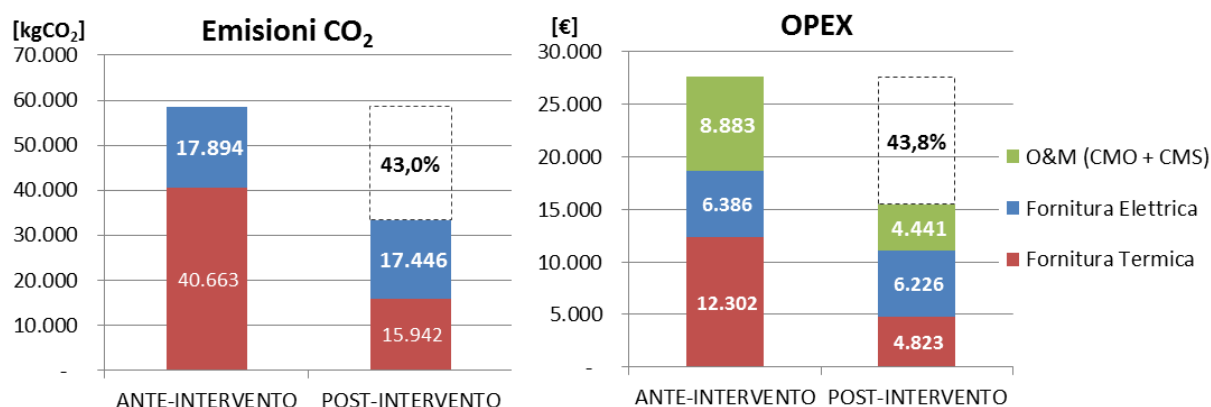
Tabella 9.16– Risultati analisi SCN1 –Scenario ottimale TRS≤15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m ² K]	1,8	0,23	87,2%
EM3 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	96%	99%	-3,1%
EM5 [Efficienza sottosistema di generazione]	[%]	85,50%	94%	-9,9%
Q _{teorico}	[kWh]	206.940	81.130	60,8%
EE _{teorico}	[kWh]	39.935	38.935	2,5%
Q _{baseline}	[kWh]	201.304	78.921	60,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	38.317	37.357	2,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.663	15.942	60,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.894	17.446	2,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.557	33.388	43,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.302	4.823	60,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.386	6.226	2,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.688	11.049	40,9%
C _{MO}	[€]	7.017	3.509	50,0%
C _{MS}	[€]	1.865	933	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.883	4.441	50,0%
OPEX	[€]	27.571	15.490	43,8%
Classe energetica	[-]	C	C	0 classi

Nota (17) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all' Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** 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_D	€ 169.654
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 5.090
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 174.744
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 139.795
Equity	I_E	€ 34.949
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 16.839
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 168.391
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 28.596

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 18.688
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.928
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€ 25.616
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	40,9%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{baseline}$	2,5%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 9.924
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 640
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 52.618
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 13.291
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	28,92%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 3.609
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 2.043
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 3.631

Canone O&M €/anno	CnM	€	3.597
Canone Energia €/anno	CnE	€	12.095
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	15.692
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	9.283
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	24.976
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	30.593
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	93.310
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,69
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,91
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 33.707
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	8,11%
Indice di Profitto	IP	19,87%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,91
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,30
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 25.654
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	36,04%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,221
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,134
Indice di Profitto Azionista	IP	15,12%

Figura 9.16–SCN1: Flussi di cassa del progetto

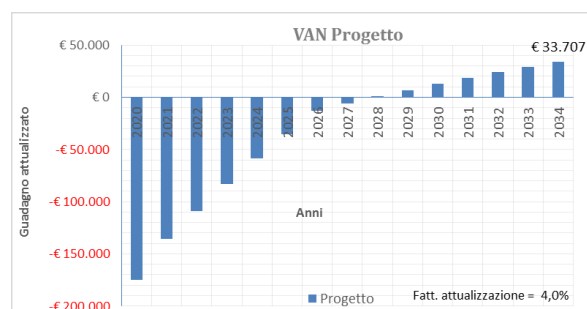
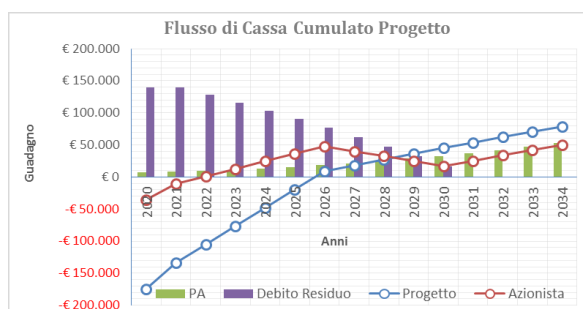
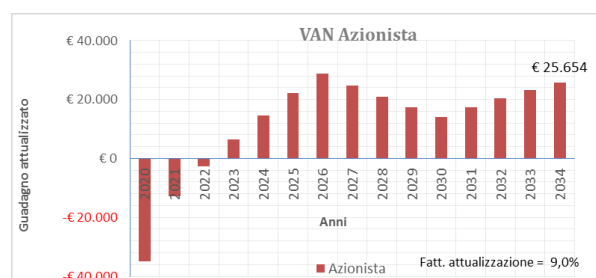


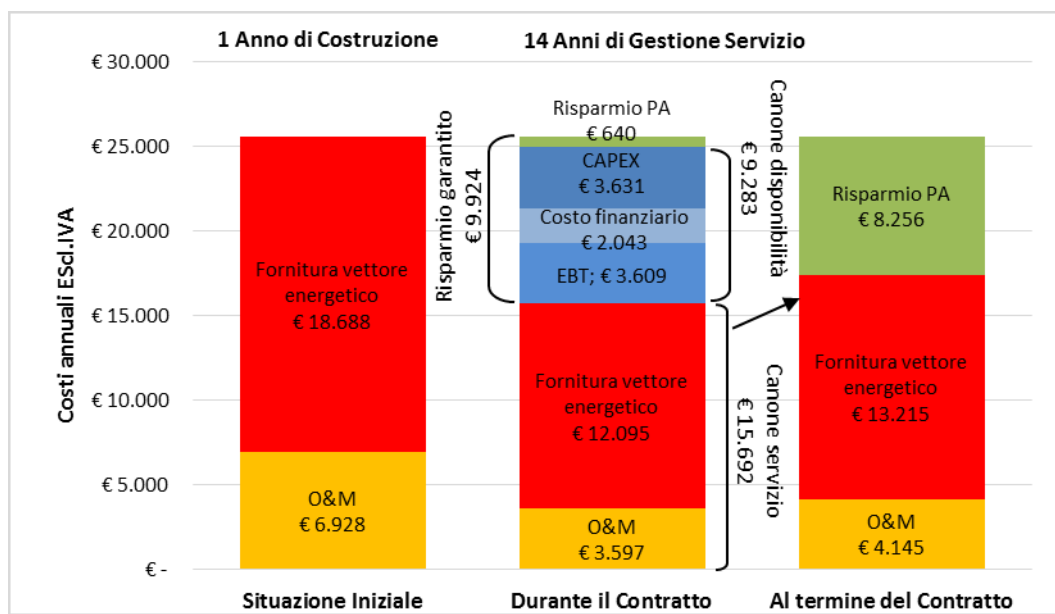
Figura 9.17– SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti.

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 9.25 – 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 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 9.20– Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	104.997	23.099	128.097
EEM3 Fornitura & Posa	6.613	1.455	8.068
EEM4 Fornitura & Posa	67.950	14.949	82.899
EEM5 Fornitura & Posa	14.809	3.258	18.067
EEM6 Fornitura & Posa	34.525	7.598	42.133
Costi per la sicurezza	6.867 €	1.511 €	8.378 €
Costi per la progettazione	16.023 €	3.525 €	19.548 €
TOTALE (I₀)	251.794	55.395	307.189
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{M5} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]

EEM1 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	1.746	464	2.210
EEM6 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	1.746	464	2.210
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	115.906	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		23.181	

Nota (18): 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%.

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 9.18– Scenario 2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

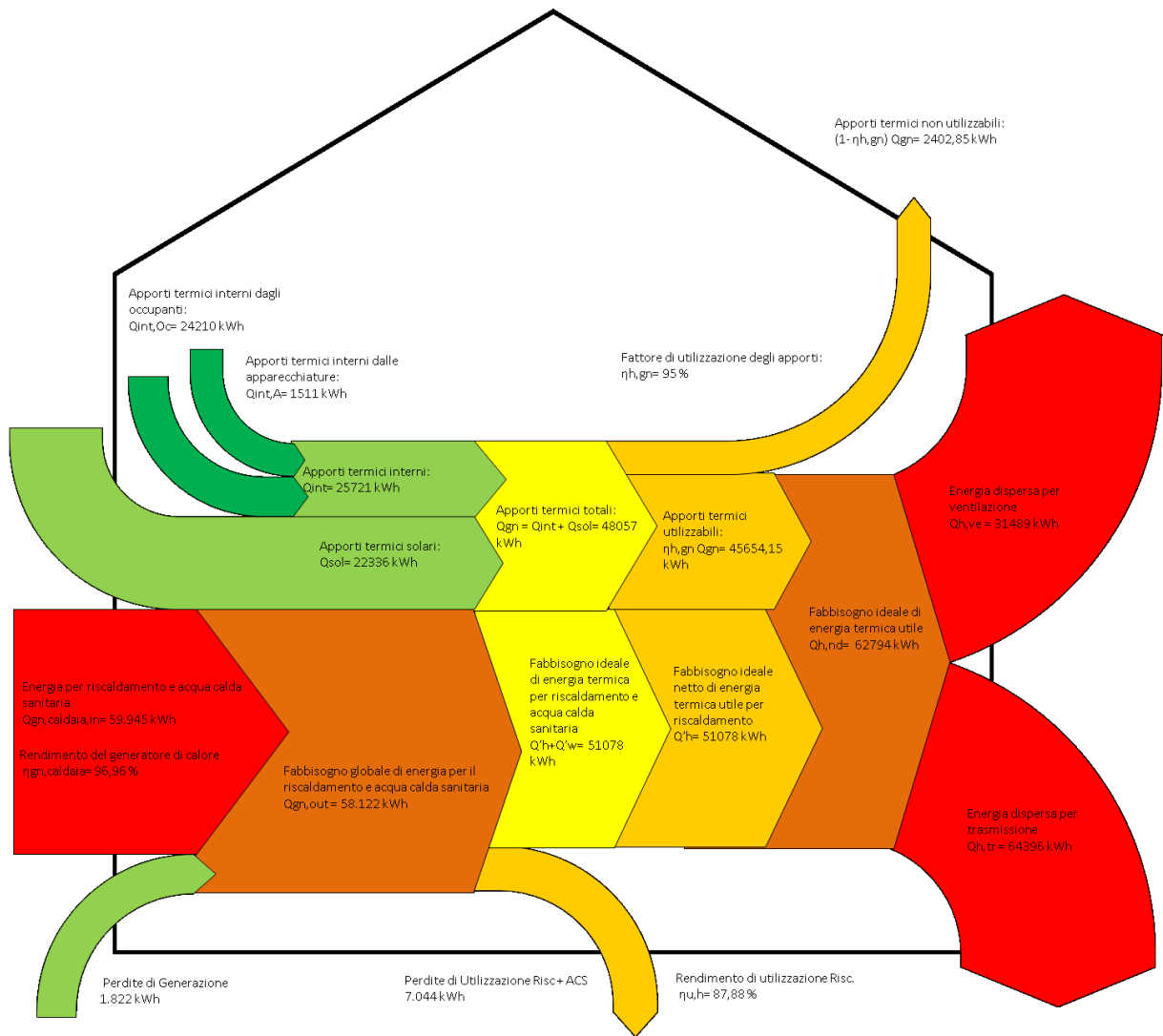


Figura 9.19– Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

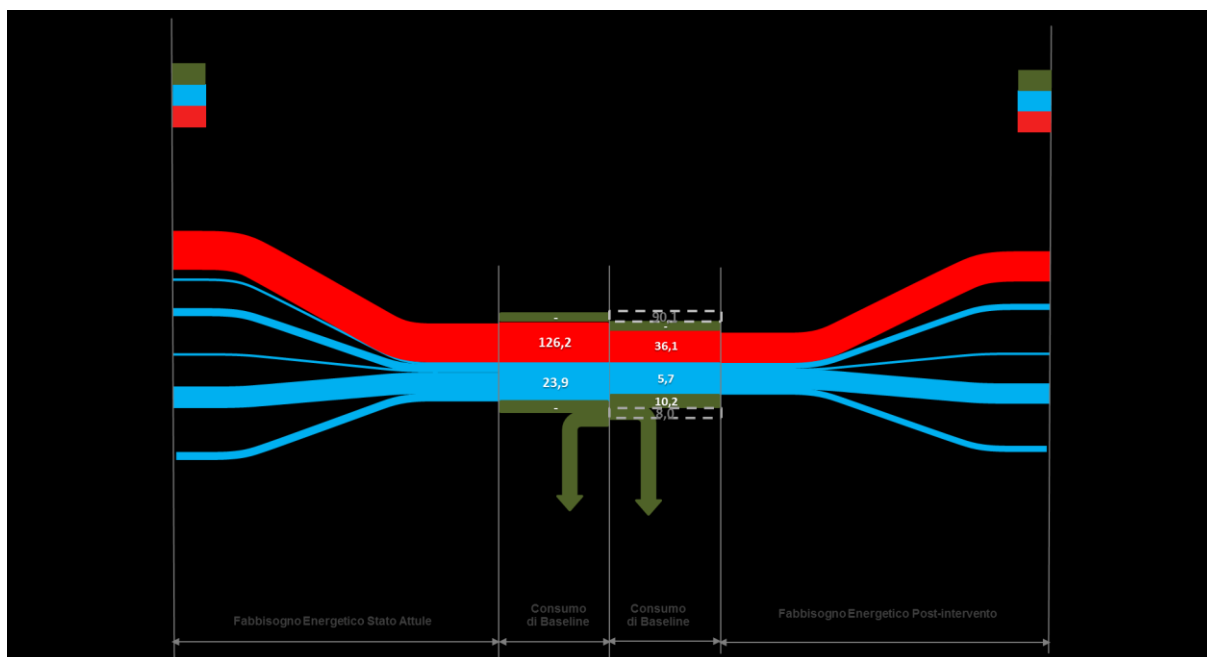


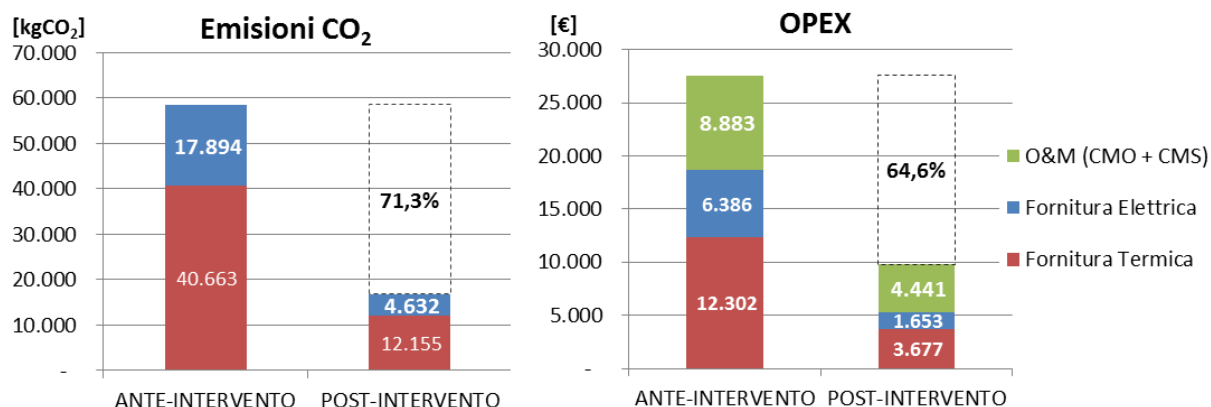
Tabella 9.21– Risultati analisi SCN2 –Scenario ottimale TRS≤25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m ² K]	1,8	0,23	87,2%
EM3 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	96%	99%	-3,1%
EM4	[-]	[-]	[-]	[-]
EM5 [Efficienza sottosistema di generazione]	[%]	85,50%	94%	-9,9%
EM6	[-]	[-]	[-]	[-]
Q _{teorico}	[kWh]	206.940	61.857	70,1%
EE _{teorico}	[kWh]	39.935	10.337	74,1%
Q _{baseline}	[kWh]	201.304	60.172	70,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	38.317	9.918	74,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.663	12.155	70,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.894	4.632	74,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	58.557	16.787	71,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.302	3.677	70,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.386	1.653	74,1%
Fornitura Energia, C_e	[€]	18.688	5.330	71,5%
C _{MO}	[€]	7.017	3.509	50,0%
C _{MS}	[€]	1.865	933	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.883	4.441	50,0%
OPEX	[€]	27.571	9.771	64,6%
Classe energetica	[-]	E	C	0 classi

Nota (17) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 9.20– 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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.22**, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.24** 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_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 307.190
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 9.216
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 316.405
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 253.124
Equity	I_E	€ 63.281
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 30.490
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 304.902

Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	51.778
-------------------------------------	-------------------------	---	--------

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	18.688
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	6.928
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	25.616
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		71,5%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	15.721
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.281
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	151.385
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	22.692
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		47,30%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	6.236
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	2.157
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	6.046
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	3.689
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	6.206
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	9.895
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	14.440
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	24.335
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	55.395
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	115.907
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, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		10,61
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		15,74
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	VAN > 0	€	58.855
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		6,63%
Indice di Profitto	IP		19,16%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		8,09
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		17,27
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	VAN > 0	€	18.187
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e		13,35%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,033
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,640
Indice di Profitto Azionista	IP		5,92%

Figura 9.21–SCN2: Flussi di cassa del progetto



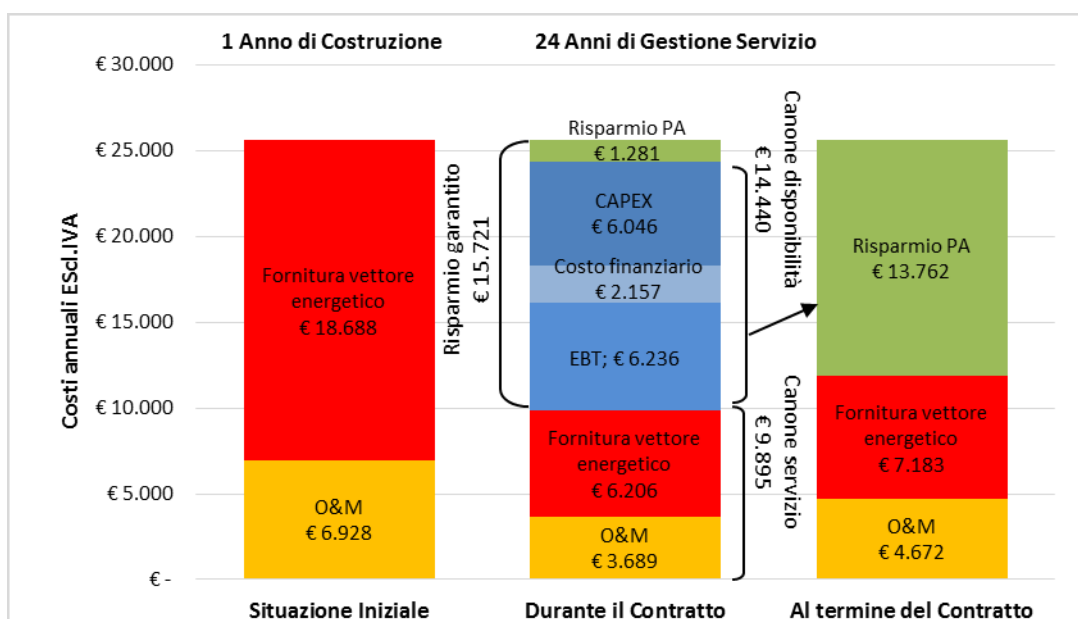
Figura 9.22– SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti. Si segnala un momento di criticità nei flussi di cassa dell’azionista tra l’ottavo 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 **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**

Figura 9.23– Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita la scuola Elementare da "Vernazza" e scuola Materna "Cavallotti" presenta ampie 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) e degli scenari SCN1 e SCN2

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	178.87	189.53	94,43	104,47	52,73	65,94
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	137.16	137.78	53,08	53,15	40,38	40,46
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _W	kWh/mq anno	6.08	7.54	5,73	7,11	2,71	4,91
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-	-	-	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-	-	-	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	35.62	44.21	35.62	44,21	9,64	20,58
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-	-	-	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	34.9	37	16	20	8	11

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Sulla base delle analisi tecnico ed 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: Sostituzione Infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2k$

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													
	priorità	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR	
EEM 1	1	32,7	34,6	8163	0	0	140906	9,0	12,9	60842 ≥ 0	8,6	0,43	[n/a]	[n/a]	
EEM 2	4	7,4	7,8	1850,7	0	0	187364	66,8	94,5	131752 ≤ 0	-5,8	-0,7	[n/a]	[n/a]	
EEM 3	2	2,6	2,7	646,2	0	0	-8875	13,2	18,1	158150	0,9	-0,18	[n/a]	[n/a]	
EEM 4	3	12,4	11,2	3105,5	0	0	91.189	13,2	14,6	43396 ≥ 0	-14,3	-0,48	[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 [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR	
EEM 5		5,3	5,7	603	3.509	933	-35896	3,9	4,5	37.056 > 0	19,9	1,03	[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													
	% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TR A	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 6	29,7	27,5	3212,8	3.509	933	-35896	5.7	6.8	55.096>0	16	1.19	[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													
	% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	40,9	43	7.639*	2.737*	727*	-169.496	2,9	3,3	25654	36	15	1,2	1,1
SCN 2	71,5	71,3	13.358*	2.737*	727*	-307.031	8	17	18.187	13,35	5,9	1	1,6

*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 potranno 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 E00105, PIAN1, PIAN2, PIAN1SS, PIANC, PIANT, PIANTA
		02_Termici 111-S01-023-CENTRALE TERMICA, L1-042- 111-P00, L1-042-111-P01, L1-042-111-P02, L1-042-111-S01, L1-042-111-P00-Checklist, L1-042-111-P01-Checklist, L1-042-111-P02- Checklist, L1-042-111-S01-Checklist
		03_Elettrici vuoto
02_Manutenzioni	08.11.17	01_Involucro vuoto
		02_Termici vuoto
		03_Elettrici vuoto
		04_FER vuoto
03_Consumi (Bollette elettricità 2014)	24.07.2018	5700065534, 5700098294, 5700134932 5700176171, 5700215004, 5700248887 5700291171, 5700345918, 5700397632 5700477383, 5700411920, 5700477383 5700065497, 5700098222, 5700134953 5700176198, 5700214976, 5700248943 5700291175, 5700345592, 5700411925 5700373692, 5700492869, 5700492869
		5700493229, 5700544096, 5750082125, E000140840, E000163924, E000175668, E000337518, E000234061, E000281516, E000386672. E000432860, E000483579, E000018554, E000084129, E000018554, E000163924, E000310242, E000150586, 5700492869, 5700544104, 5750082199, E000140845, E000163930, E000175673, E000337523, E000234066, E000281521, E000163930, E000386677, E000432864, E000483583, E000018558, E000483583, E000018558, E000084137, E000163930 E000310246, E000150591
03_Consumi (Bollette elettricità 2015)	24.07.2018	E000150586, E000084130, E000194169 E000334601, E000238234, E000334601 E000150586, E000194169, E000194169 E000238234, E000278551, E000334601 011640025275, 011640087944, 011640025275, 011640048519 011640060830, 011640074903 011640126638, 011740042570 011640100078, 011740001581 E000150591, E000084138, E000194174, E000334605, E000238238, E000334605 E000150591, E000194174, E000194174 E000238238, E000278555, E000334605 011640025275, 011640087945, 011640025275, 011640048519, 011640060830, 011640074903 011640126639, 011740042570 011640100078, 011740001581
		E000150586, E000084130, E000194169 E000334601, E000238234, E000334601 E000150586, E000194169, E000194169 E000238234, E000278551, E000334601 011640025275, 011640087944, 011640025275, 011640048519 011640060830, 011640074903 011640126638, 011740042570 011640100078, 011740001581 E000150591, E000084138, E000194174, E000334605, E000238238, E000334605 E000150591, E000194174, E000194174 E000238238, E000278555, E000334605 011640025275, 011640087945, 011640025275, 011640048519, 011640060830, 011640074903 011640126639, 011740042570 011640100078, 011740001581
03_Consumi (Bollette elettricità 2016)	24.07.2018	E000150586, E000084130, E000194169 E000334601, E000238234, E000334601 E000150586, E000194169, E000194169 E000238234, E000278551, E000334601 011640025275, 011640087944, 011640025275, 011640048519 011640060830, 011640074903 011640126638, 011740042570 011640100078, 011740001581 E000150591, E000084138, E000194174, E000334605, E000238238, E000334605 E000150591, E000194174, E000194174 E000238238, E000278555, E000334605 011640025275, 011640087945, 011640025275, 011640048519, 011640060830, 011640074903 011640126639, 011740042570 011640100078, 011740001581
		E000150586, E000084130, E000194169 E000334601, E000238234, E000334601 E000150586, E000194169, E000194169 E000238234, E000278551, E000334601 011640025275, 011640087944, 011640025275, 011640048519 011640060830, 011640074903 011640126638, 011740042570 011640100078, 011740001581 E000150591, E000084138, E000194174, E000334605, E000238238, E000334605 E000150591, E000194174, E000194174 E000238238, E000278555, E000334605 011640025275, 011640087945, 011640025275, 011640048519, 011640060830, 011640074903 011640126639, 011740042570 011640100078, 011740001581

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Allegato B Elaborati	27.07.18	
Tavola con indicazione di impianti e zone termiche (dwg, PDF)		DE_Lotto.9.E105_Elaborati_1SS
		DE_Lotto.9.E105_Elaborati_C
		DE_Lotto.9.E105_Elaborati_P1
		DE_Lotto.9.E105_Elaborati_P2
		DE_Lotto.9.E105_Elaborati_T
Planimetria catastale		DE_Lotto.9- E105_Elaborati_Plan_Catastale.pdf
Foto Sopralluogo		
File Grafici		DE_Lotto.9-E105-AllegatoB-Grafici



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C E105	14.05.18	Allegato C E105.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_E105.doc

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO E Relazione di dettaglio dei calcoli	14.05.18	DE_E105_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_E105_APE_Baseline.rtf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE SCENARIO 15 ANNI	14/05/18	DE_E105_APE_SCN15anni - APE2015.rtf
APE SCENARIO 25 ANNI	14/05/18	DE_E105_APE_SCN25anni - APE2015.rtf

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO I Dati climatici	14.05.18	GG_Lotto.9-E105.xls

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO J Schede Audit	14.05.18	E 105_Scheda Audit_Template_rev2.xls

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO K Schede ORE	14.05.18	Schede ORE_E 105.doc

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
ANALISI PEF E105	14/05/18	E105_AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO M Report di Benchmark	14.05.18	Lotto.9_benchmark E105.doc

ALLEGATO N – CD-ROM