

**ASILO NIDO "Cantaegua" e SCUOLA MATERNA "C. Mimosa"
SCUOLA ELEMENTARE "Andersen" – SCUOLA MEDIA "Lucarno"
E480**

Via Mogadiscio, n°49

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3**



Aprile 2018

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



**ASILO NIDO "Cantaegua" e SCUOLA MATERNA "C. Mimosa" SCUOLA
ELEMENTARE "Andersen" – SCUOLA MEDIA "Lucarno"**

E480

Via Mogadiscio, n°49

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

Tel 0105573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

eFM SpA

Via Laurentina, 455 - 00142 Roma

Tel 06 5400064– efm@efmnet.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	24/03/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Ing. Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		
01	03/08/18	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Ing. Stefano Mazzetti	Revisione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		

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

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



COMUNE DI GENOVA

INDICE

INDICE.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	1
1 INTRODUZIONE	4
1.1 PREMESSA	4
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	4
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO	4
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO	5
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO.....	6
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	9
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	10
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	10
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO.....	10
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI	11
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	12
3 DATI CLIMATICI	14
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO	14
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	15
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	15
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	17
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	17
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	17
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	18
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	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 generazione</i>	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA.....	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE.....	25
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	31
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	35
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	35
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	41
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	41
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	41
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	41
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI	44
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	44
7.4 BASELINE DEI COSTI	45



8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	47
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI.....	47
8.1.1	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	47
8.1.2	<i>Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter.....</i>	48
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	51
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	53
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	53
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	56
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	61
9.3.1	<i>Scenario 1.....</i>	64
9.3.2	<i>Scenario 2.....</i>	70
10	CONCLUSIONI.....	76
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	76
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	76
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	1
	ALLEGATO B – ELABORATI.....	1
	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.....	2
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	2
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	2
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	2
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	2
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2
	ALLEGATO N – CD-ROM	2



EXECUTIVE SUMMARY

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

Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico nel triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 24 smc, e un valore di massimo prelievo pari a 73 smc ed i consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione.

Mentre l'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nello stesso triennio di riferimento. Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio.

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

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

Anche per la componente elettrica si è potuto notare nei diagrammi come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti.

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1979
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E7. Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	5.169,94
Superficie disperdente (S)	[m ²]	9420,17
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	18.940,52
Rapporto S/V	[1/m]	0.497
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.579
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.416
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	7.317
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	10.234
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a combustione a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	1200
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	nd
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	138
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	548.305
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	40.300
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	59.451

Nota (1): Valori di Baseline



Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione generatore di calore con altro a condensazione;
- EEM 2: Installazione di valvole termostatiche (incluso nella EEM1);
- EEM 3: Installazione di un sistema di illuminazione a led.

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

CON INCENTIVI												
	%ΔE	%ΔCO2	ΔCE	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	10%	-€	€ 448,89	€ 283,40	€ 49.316,26	11,7	13,5	15	€ 1.778,19	2,55%	0,04
EEM 2	0%	5%	€ -	€ 56,11	€ 551,88	€ 6.146,56	2,6	2,7	15	€ 21.481,94	36,61%	3,49
EEM 3	50%	15%	€ 6.788,26	€ 112,22	€ 745,79	€ 22.134,35	2,4	2,5	8	€ 31.777,57	34,04%	1,44
Scn1	0,0%	21.8%	€ 7.727	€ 505	€ 835	€ 55.462	-25.06	-79.55	15	€ -20.787	-7.28%	-37.48
Scn2	50%	33,5%	€ 13.070	€ 617	€ 1.581	€ 77.597	6.22	7.07	25	€ 75.033	15.57%	96.70

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

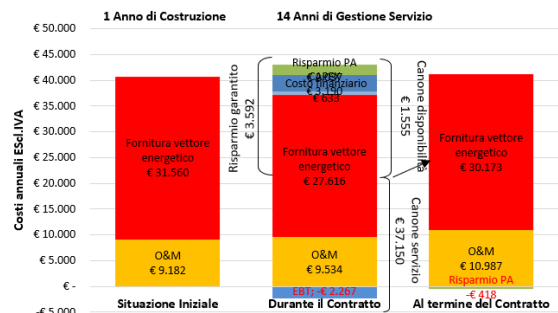
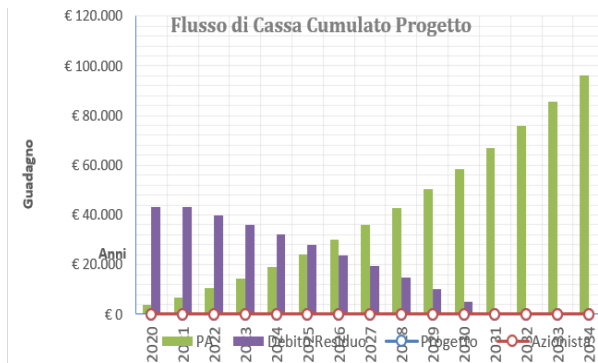
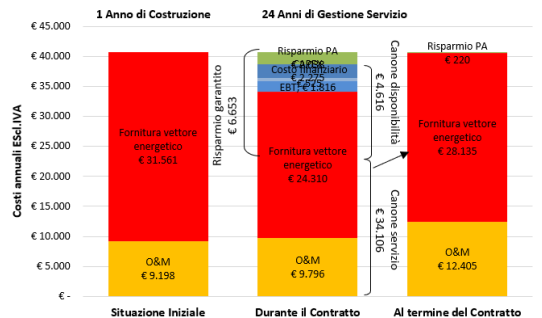
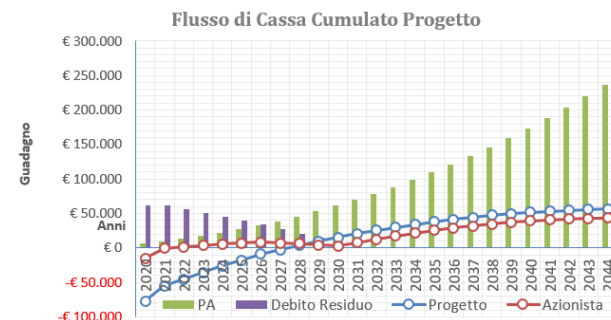


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria







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 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 eFM SpA il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord





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

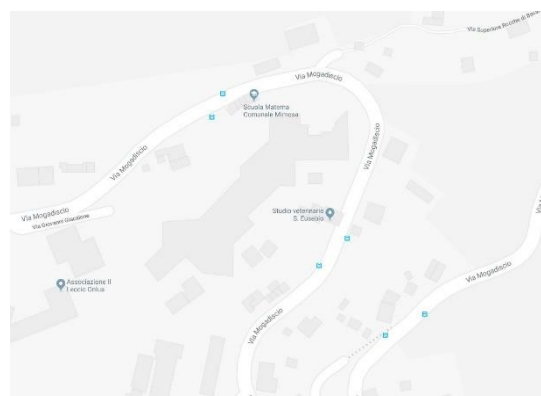
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Luca Grossi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Luca Bonanni	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F.42 Mapp. 317 – 318 – 319 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Terpi del comune di Genova, nella val Bisagno.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito ad Asilo Nido, scuola Materna, Scuola Elementare e Scuola Media.

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		1979
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E7. Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	5.169,94
Superficie disperdente (S)	[m ²]	9420,17
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	18.940,52
Rapporto S/V	[1/m]	0.497
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.579
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.416
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	7.317
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	10.234
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a combustione a basamento



COMUNE DI GENOVA

Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	1200
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	nd
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	138
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	548.305
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	40.300
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	59.451
Anno di costruzione edificio		1979

Nota (1): Valori di Baseline

1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

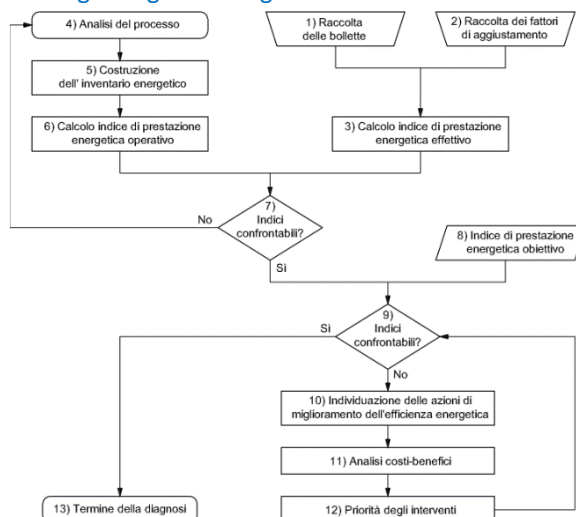
La procedura di realizzazione della DE si è sviluppata nelle seguenti fasi operative:

- 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 23/11/2017 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, Assisat, 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 Namirial Termo Software versione 4.1.3 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Numero certificato CTI n°66 del 15/03/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo 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_{ref});
- 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.

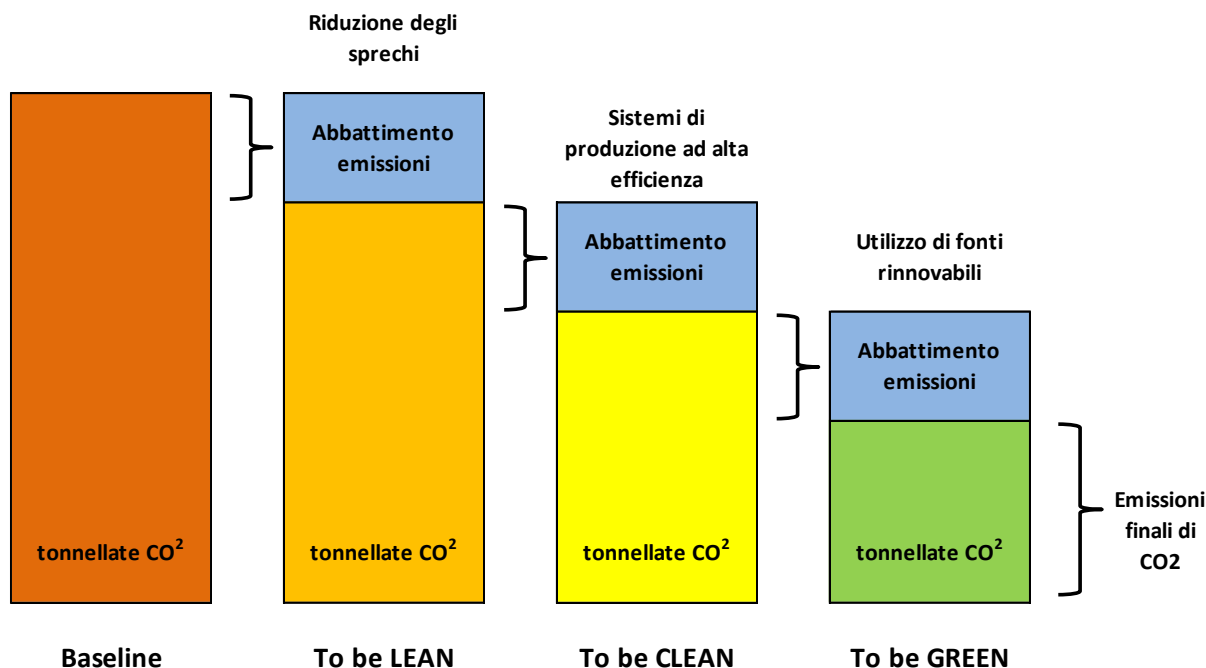
Figura 1.3–Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



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



Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sull'utente (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e 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.

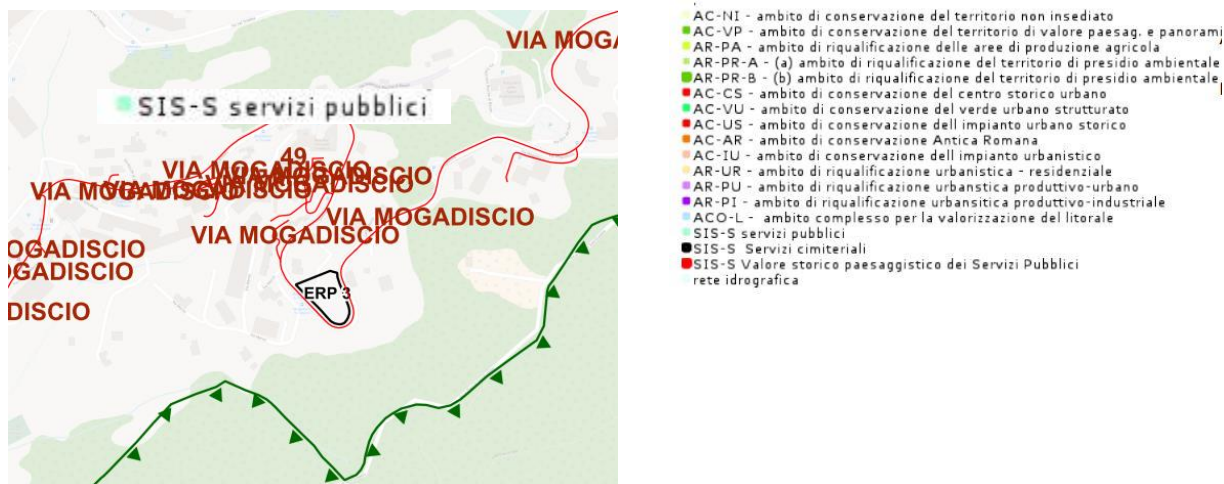


2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il 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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicato l'Asilo Nido "Cantaegua", Scuola Materna "C. Mimosa", Scuola Elementare "Andersen" e la Scuola Media "Lucarno" risale all'incirca al 1979 ed è una struttura in cemento armato di 3 piano fuori terra. Oggi è adibita a scuola materna, elementare e mediamente ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 _Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili. Ricade nell'ambito territoriale urbanistico "SIS -S Servizi pubblici."

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra nell'obiettivo 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.

L'immobile è sede di un asilo nido, di una scuola materna, di una scuola elementare e di una scuola media che attualmente ospita circa 72 bambini alle Materne, 104 alle Elementari e 115 ragazzi alle medie. La riqualificazione energetica dell'edificio permetterà una riduzione dei consumi di energia e maggiore confort per i fruitori.



L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 3 piani fuori terra nei quali si sviluppano le attività scolastiche. La struttura presenta una cucina al suo interno per il servizio mensa dei bambini. 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	Ingresso, Atrio, aule, Palestra, Auditorium, servizi igienici	[m ²]	1.373	1.245	nd
Primo	Aule, Atrio Refettorio, servizi igienici	[m ²]	1.110	984	nd
Secondo	Aule, servizi igienici	[m ²]	2.279	2.153	Nd
Terzo	Aule, servizi igienici	[m ²]	817	787	Nd
TOTALE		[m ²]	5.579	5.169	nd

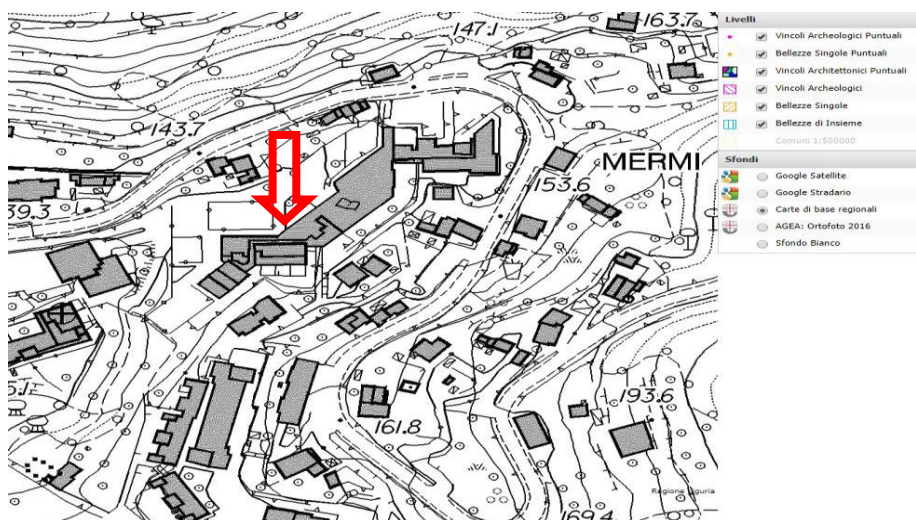
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

L'edificio non ricade in zona soggetta a vincoli archeologici e esso stesso non costituisce edificio sotto tutela.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli





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.

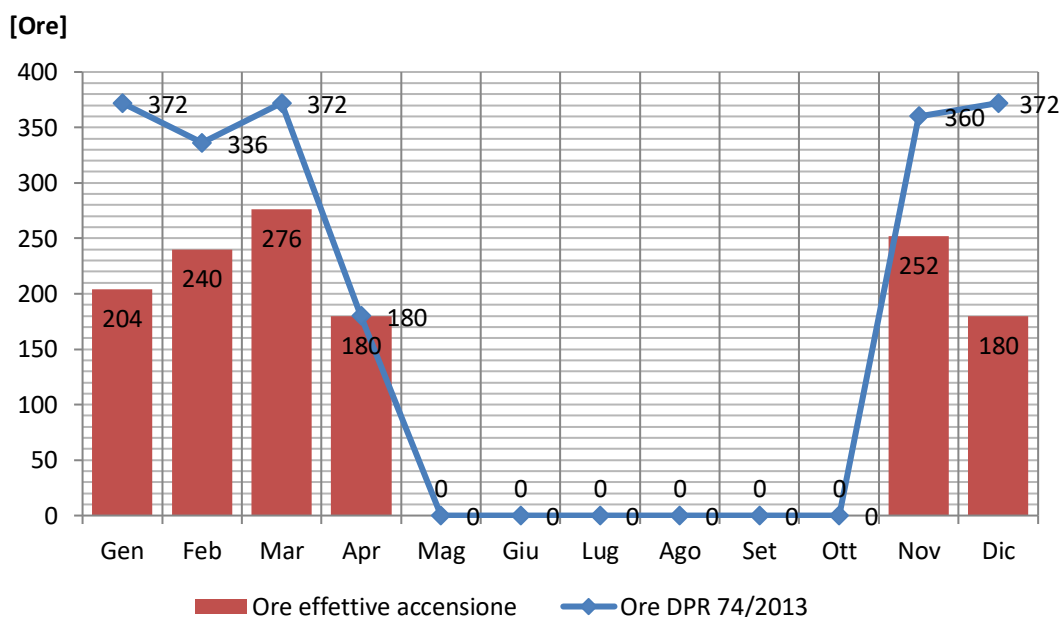
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio e i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal personale scolastico all'atto dei sopralluoghi.

Nella Tabella 2.2 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
[16 aprile-31 ottobre]	[dal lunedì al venerdì]	[6.15 – 18.00] [7.30- 17.30] lezioni	Non attivo
[1 novembre -15 aprile]	[dal lunedì al venerdì]	[6.15 – 18.00] [7.30- 17.30] lezioni	[6.00 – 18.00]

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni. L'impianto viene acceso circa un'ora prima dell'ingresso degli alunni e viene spento 1 ora e mezza prima della fine delle lezioni. Fino alle ore 19 l'istituto resta aperto per le necessarie operazioni di pulizia.

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.

Ove presenti, all'interno del contratto di Servizio Energia sono stati inseriti la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di climatizzazione estiva.



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 1421Gradi **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 1421GG 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 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	22%
Aprile	30	15,3	15	71	19	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	205	111	921	100%

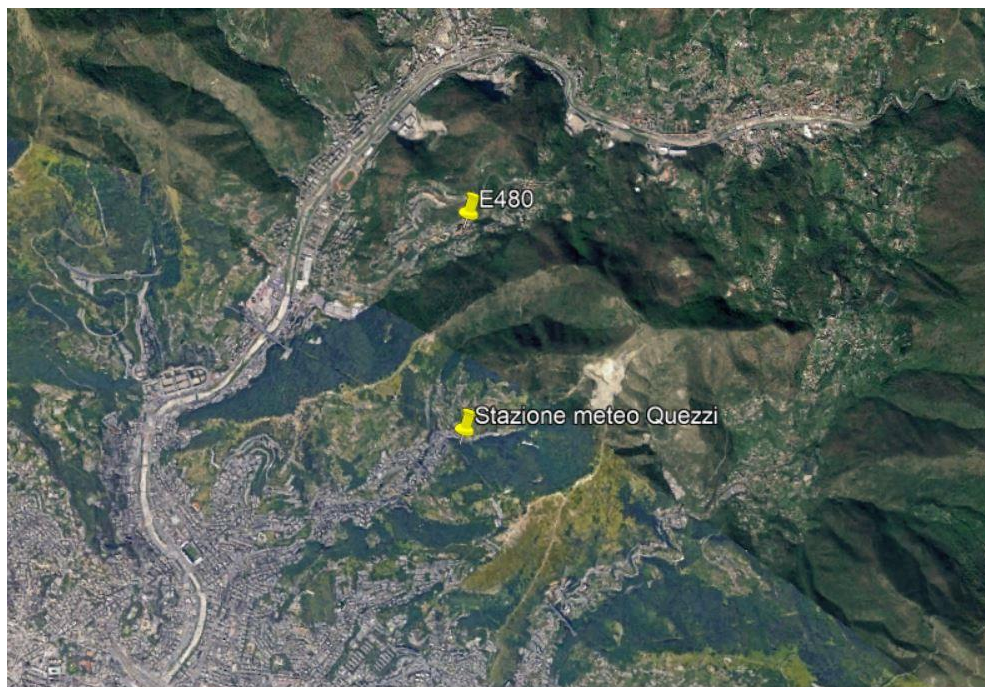


3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica situata nel quartiere Quezzi del comune di Genova.

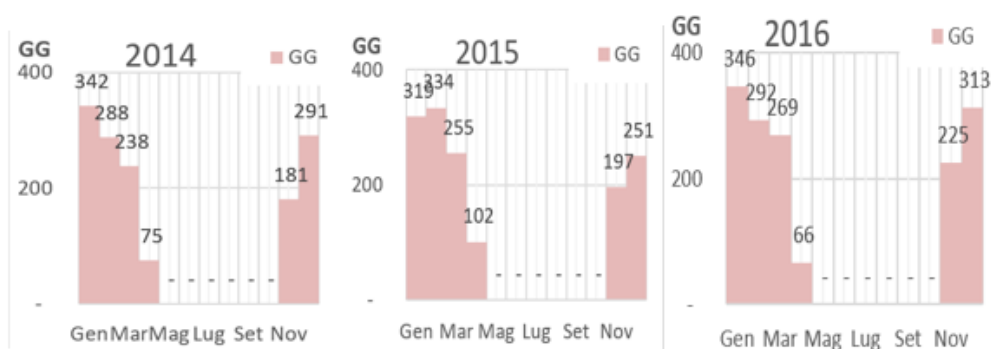
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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



Considerando che il primo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione

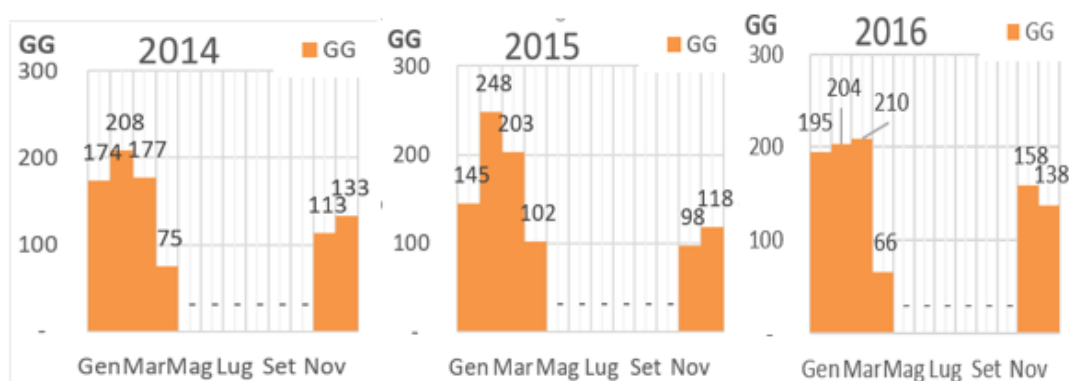


del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921GGcalcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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





4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura esterna non portante in laterizio.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



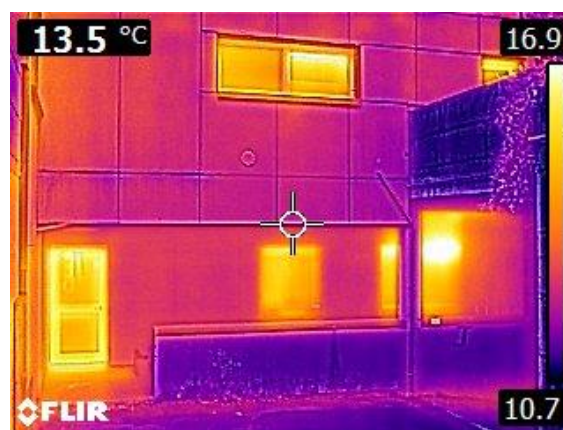
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- la muratura non presenta discontinuità visibili. Nel complesso la muratura è in buono stato di manutenzione.

Figura 4.2 –Rilievo termografico della parete ovest



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di Indagine Termografica. L'allegato D – Report Relativi ad altre prove diagnostiche strumentali non presente in quanto non è stata svolta nessun'altra prova diagnostica strumentale.

I valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.



Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	COP1	25	Assente	1,50	Buono
Parete verticale	M1	30	Assente	0,80	Buono
Solaio interno	SOL1	25	Assente	1,56	Buono

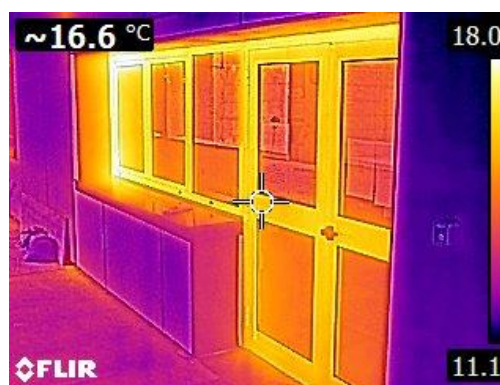
L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell' Allegato J- Schede di Audit.

4.1.2 Involucro trasparente

Gli infissi, che costituiscono l'involucro trasparente sono stati sostituiti nel 2017. Essi sono costituiti da serramenti con telaio in pvc e vetri doppi.

Lo stato di conservazione degli stessi è di conseguenza molto buono.

Figura 4.3 - Particolare dei serramenti



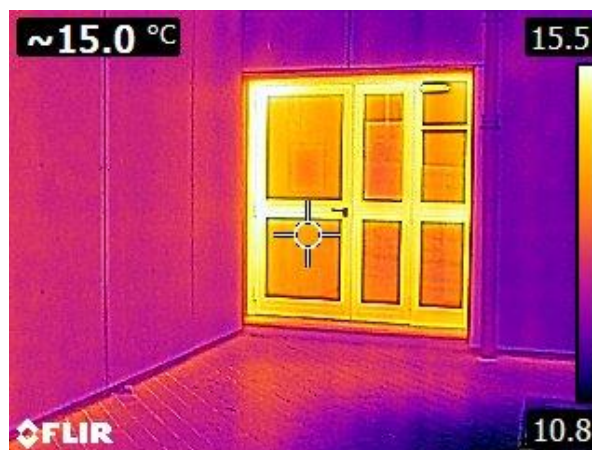
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Muratura in buono stato di conservazione, non si rilevano lesioni o fenomeni infiltrativi in atto.

Figura 4.4 –Rilievo termografico dei serramenti



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		TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[H] [cm]	[L] [cm]				
[Serramento verticale]	SE01	1,80	3,27	PVC	DOPPIO	1.2	[Buono]
	SE01	2,70	1,30	METALLO	DOPPIO	1.20	[Buono]
	SE01	1,80	3,27	PVC	DOPPIO	1.20	[Buono]
	SE01	0,61	0,63	METALLO	SINGOLO	1.20	[Buono]
	SE01	0,61	0,63	METALLO	SINGOLO	1.20	[Buono]
	SE01	0,61	0,63	METALLO	SINGOLO	1.20	[Buono]
	SE01	0,61	0,63	METALLO	SINGOLO	1.20	[Buono]
	SE01	0,61	0,63	METALLO	SINGOLO	1.20	[Buono]
	SE04	1,35	1,30	PVC	DOPPIO	1.20	[Buono]
	SE05	1,35	1,30	PVC	DOPPIO	1.20	[Buono]
	SE03	1,35	1,30	PVC	DOPPIO	1.20	[Buono]

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una centrale termica con generatore di calore a combustione che premette tramite una rete di radiatori di riscaldare gli ambienti.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalle seguenti tipologie di terminali: radiatori in ghisa posti al di sotto delle finestre.

Figura 4.5 - Particolare radiatori a parete





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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Zona termica unica	Radiatori a parete	96%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO/locale	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]
Terra				
Piano terra	A parete	12	2.26+1.51+0.76 +0.66 +	1.21
Piano primo	A parete	20	1.21+0.86+....	1.64
Piano secondo	A parete	59	2.11+0.76+0.61 +.....	1.54
Piano terzo	A parete	29	1.96+0.76+.....	1.55

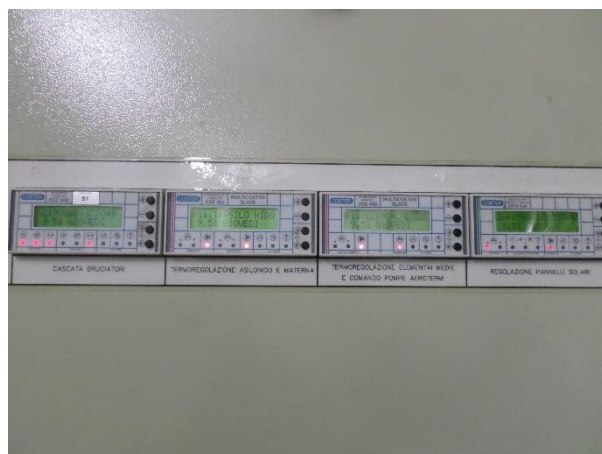
L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J- Schede di Audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto ad acqua avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature rilevate mediante due sonde: una esterna e una per la condotta di mandata. E' presente un sistema di regolazione con impostazione della curva climatica indipendente.

Sono inoltre presenti delle valvole on-off a servizio del funzionamento dei radiatori.

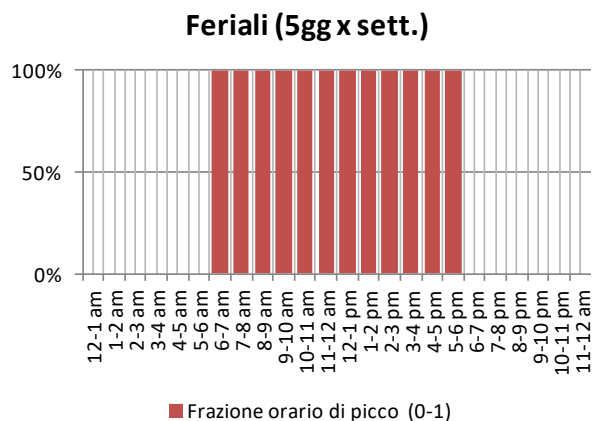
Figura 4.6–Ottimizzatore climatico di centrale termica



- Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento dell'impianto di riscaldamento



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



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Zona termica Unica: Edificio E480	Climatica	85,8

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.

Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da un circuito primario di mandata e ritorno dell'acqua calda verso l'impianto di emissione interno all'edificio scolastico.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
Elettropompa gemellare EG01	Circuito primario			0,200
Elettropompa gemellare EG02	Circuito primario			0,370
Elettropompa gemellare EG03	Circuito primario			0,625
Elettropompa gemellare EG04	Circuito primario			0,625
Elettropompa gemellare EG05	Circuito primario			0,625
Elettropompa singola ES01	Circuito primario			0,550
Elettropompa singola ES02	Circuito secondario			0,099
Elettropompa singola ES03	Circuito secondario			0,099
Elettropompa singola ES04	Circuito secondario			0,132
TOTALE				3,325

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa



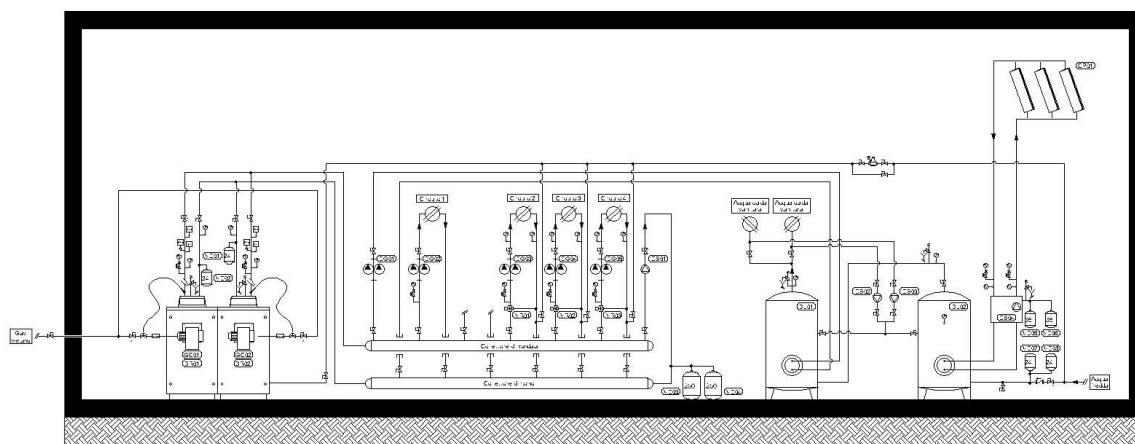
Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO ⁽⁵⁾
			°C	°C
Circuito Primario	Mandata	Caldo	n.d.	70
	Ritorno	Caldo	n.d.	55

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: 023-P01-001-CENTRALE TERMICA)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 94,48%.

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.

4.2.3 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito una centrale con caldaia a basamento modello TERSEC DUO 600 della marca UNICAL. Installata nel 2005. La potenza termica del generatore alimentato a metano è pari a 1200 kW.

Figura 4.9 - Particolare del generatore a combustione





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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
GC01 Riscaldamento	UNICAL	TERSEC DUO 600	2005	1300	1200	95,6%	n.d.

Nota: valori da dati di targa e schede tecniche

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 95,6%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale e degli alunni dell'istituto scolastico. Inoltre è presente una caldaia a metano per la produzione di acqua calda nella sala cucina dell'istituto.

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



Il rendimento caratteristico dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria è 92,59%.

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' **Error! Reference source not found.**

Descrizione e prestazioni energetiche impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva

Non è presente alcun impianto di raffrescamento o climatizzazione estiva.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non è presente alcun impianto di ventilazione meccanica.



4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona termica scuola	PC	5	40*	200*	1090
	stampante	3	50*	150*	218
	Ascensore	1	4000*	4000*	218
	Montavivande	1	3000*	3000*	131
	Distributore caffè	1	1300*	1300*	5232
	bollitore	1	13000	13000	131
	Impastatrice	1	370	370	131
	tritacarne	1	800	800	131
	frigo	1	700*	700*	5232
	lavastoviglie	1	12000*	12000*	436
	Lavatrice	3	2800	8400	436

* valori medi stimati

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da neon, fluorescenti a medio consumo in plafoniere collegate direttamente al controsoffitto. Tutti gli ambienti presentano la stessa tipologia di impianto di illuminazione, ovvero:

- Lampade a neon in plafoniere installate a soffitto.

Figura 4.11 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel corridoio



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
[Zona 1]	Neon	250	20	5000



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. **Error! Reference source not found.**

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Non è presente alcun impianto di produzione energia elettrica o cogenerazione

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

L'analisi dei consumi storici di Gas metano non è possibile effettuarla in quanto la P.A. ha stipulato un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei consumi di fatturazione del vettore energetico in quanto le fatture non sono a disposizione della PA.

L'edificio è dotata di una centrale termica per il riscaldamento.

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano.

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

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

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



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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale è risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

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

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	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270050351635	Riscaldamento	21124	33349	48237	332240	314150	454393

Non è stato possibile effettuare la valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento poiché la PA ha stipulato contratto con terzi per fornitura e manutenzione.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto non esistono servizi che utilizzano gas metano diversi dal riscaldamento.

\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 non esistono servizi che utilizzano gas metano diversi dal riscaldamento.



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 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

Anno	Ggreali su 111 giorni reali di occupazione	GGRif	Consumo Reale [Smc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Nmc]	Fattore di conversione [Smc/Nmc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Smc]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione α_{rif}	Consumo normalizzato a 1421 GG [kWh]
2014	880	921	21.124	9,94	1,0549	9,42	199.045	226,2	208.453
2015	914	921	33.349	9,94	1,0549	9,42	314.237	343,9	316.880
2016	971	921	48.237	9,94	1,0549	9,42	454.522	468,0	431.209
Media	922	921	34.237				322.602	350,1	322.538

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

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4 Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$Q_{baseline}$	322.538

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un unico contatore.

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00097367	Asilo nido, Scuola materna, Scuola Elementare e Scuola Media	62610	58888	56854	59451
TOTALE		62610	58888	56854	59451



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-E480) e sono emerse le seguenti differenze: la media dei consumi forniti dalla PA è superiore di circa il 9%.

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 59.451 kWh

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

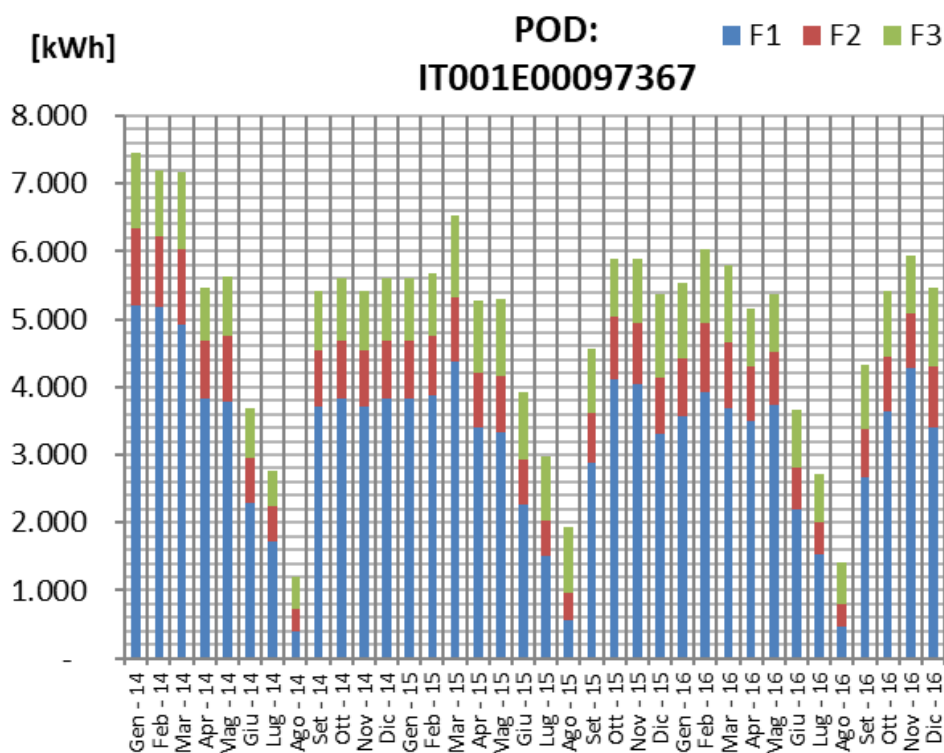
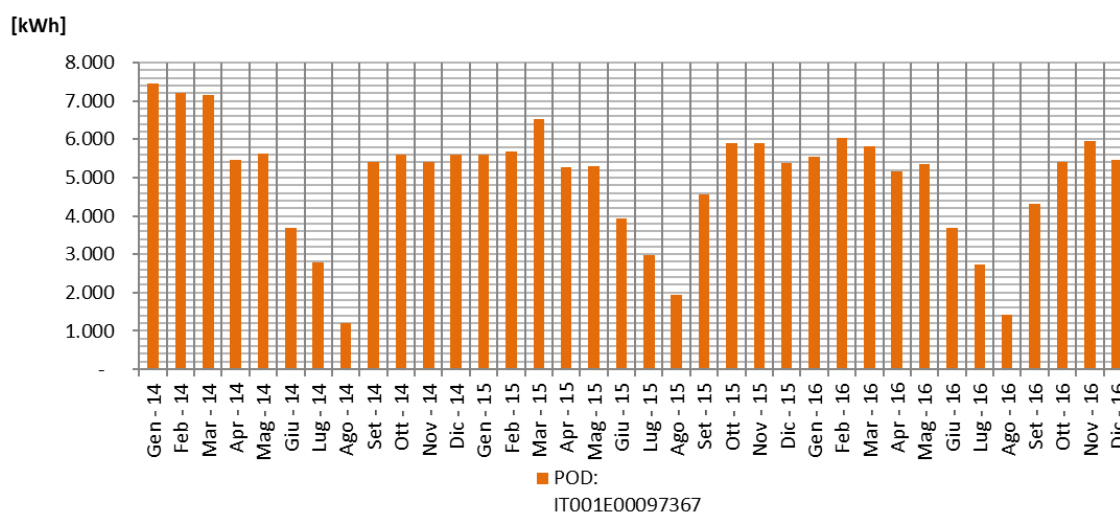
POD: IT001E00097367	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	5.202	1.138	1.118	7.458
Feb - 14	5.171	1.060	969	7.200
Mar - 14	4.923	1.120	1.123	7.166
Apr - 14	3.836	838	788	5.462
Mag - 14	3.780	963	887	5.630
Giu - 14	2.286	661	745	3.692
Lug - 14	1.730	518	526	2.774
Ago - 14	405	332	461	1.198
Set - 14	3.710	830	877	5.417
Ott - 14	3.834	858	906	5.598
Nov - 14	3.710	830	877	5.417
Dic - 14	3.834	858	906	5.598
Totale	42.421	10.006	10.183	62.610
POD: IT001E00097367	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	3.834	858	906	5.598
Feb - 15	3.871	893	910	5.674
Mar - 15	4.366	958	1.200	6.524
Apr - 15	3.403	796	1.070	5.269
Mag - 15	3.333	820	1.134	5.287
Giu - 15	2.265	663	999	3.927
Lug - 15	1.497	543	934	2.974
Ago - 15	550	418	961	1.929
Set - 15	2.881	724	949	4.554
Ott - 15	4.123	924	837	5.884
Nov - 15	4.045	890	956	5.891
Dic - 15	3.314	834	1.229	5.377
Totale	37.482	9.321	12.085	58.888
POD: IT001E00097367	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3.577	847	1.120	5.544
Feb - 16	3.929	1.009	1.101	6.039
Mar - 16	3.688	959	1.155	5.802
Apr - 16	3.504	789	866	5.159



COMUNE DI GENOVA

Mag - 16	3.737	784	841	5.362
Giu - 16	2.199	600	876	3.675
Lug - 16	1.528	483	708	2.719
Ago - 16	475	333	600	1.408
Set - 16	2.672	716	938	4.326
Ott - 16	3.629	810	976	5.415
Nov - 16	4.285	789	868	5.942
Dic - 16	3.409	902	1.152	5.463
Totale	36.632	9.021	11.201	56.854

Figura 5.1–Confronto tra i profili elettrici reali relativi al POD per il triennio di riferimento





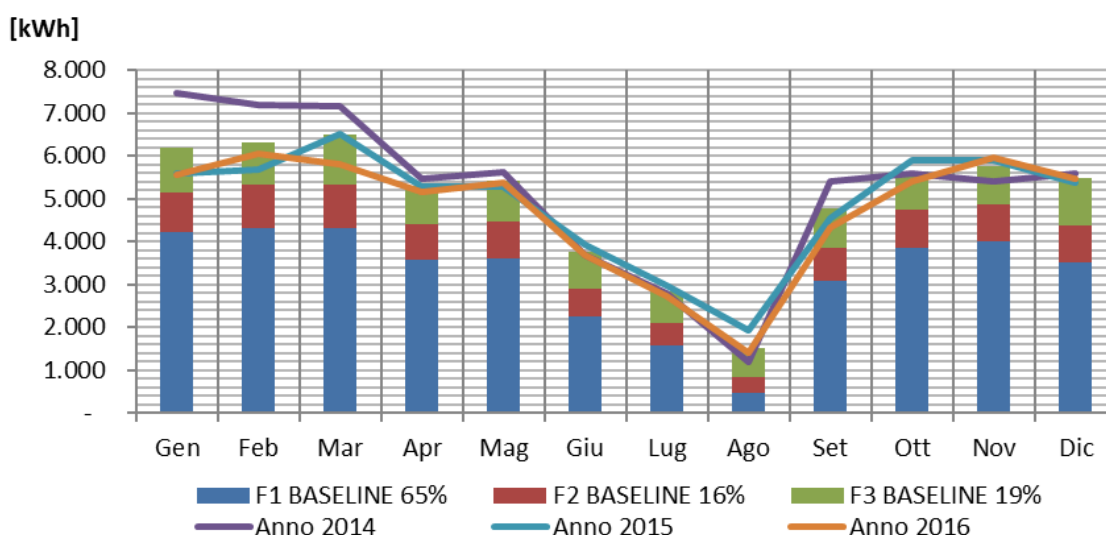
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	4.204	948	1.048	6.200
Feb	4.324	987	993	6.304
Mar	4.326	1.012	1.159	6.497
Apr	3.581	808	908	5.297
Mag	3.617	856	954	5.426
Giu	2.250	641	873	3.765
Lug	1.585	515	723	2.822
Ago	477	361	674	1.512
Set	3.088	757	921	4.766
Ott	3.862	864	906	5.632
Nov	4.013	836	900	5.750
Dic	3.519	865	1.096	5.479
Totale	38.845	9.449	11.156	59.451

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

Figura 5.2–Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con il profilo di utilizzo dell'edificio: nei mesi di luglio e agosto, periodo di chiusura dell'edificio scolastico il consumo tende a valori minimi di circa 1500 kWh.



Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non sono disponibili informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica.

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 5.8 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.8.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

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

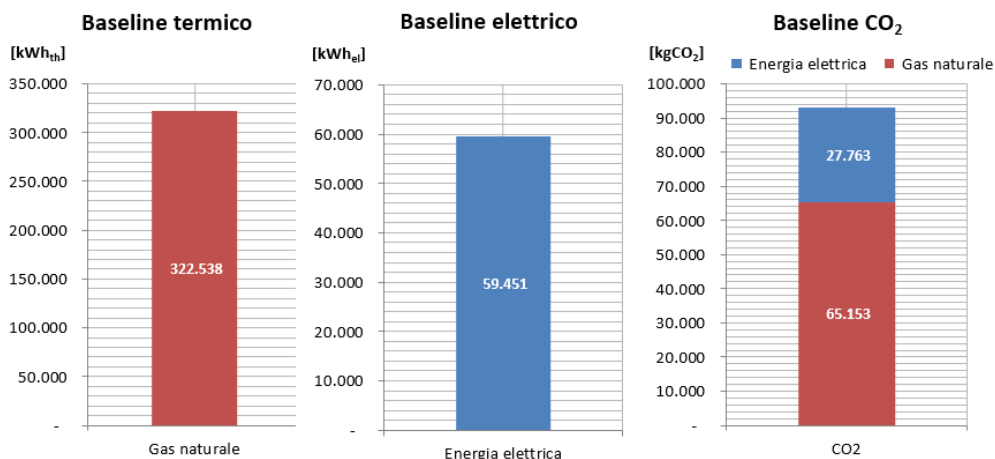
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, comeriportato nella Tabella 5.9–Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.9 e nella Figura 5.3.

Tabella 5.9–Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gas naturale	322.538	0,202	65.153
Energia elettrica	59.451	0,467	27.763

Figura 5.3–Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.





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

Tabella 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	$F_{P,ren}$	$F_{P,ren}$	$F_{P,tot}$
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 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	5.170	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	5.580	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	18.941	m ³

Nella Tabella 5.14 e Tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.12 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA A PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	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	322.538	1,05	338.665	65,5	60,7	17,9	12,60	26,99	3,44
Energia elettrica	59.451	2,42	143.871	27,8	25,8	7,6	5,37	2,42	1,47
TOTALE			482.536	93	86	25	18	29	5

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			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	322.538	1,05	338.665	65,5	60,7	17,9	12,60	11,68	3,44
Energia elettrica	59.451	1,95	115.929	22,4	20,8	6,1	5,37	4,98	1,47
TOTALE			454.594	88	81	24	18	17	5



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

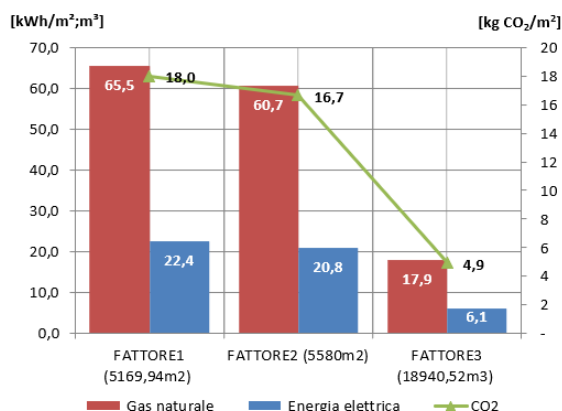
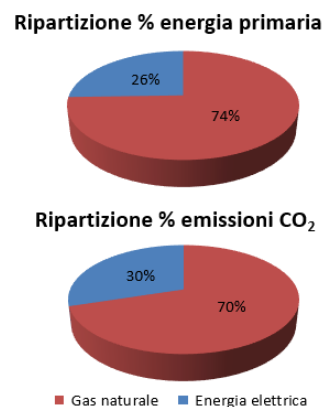


Figura 5.5–Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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 (1421 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 5.14–Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	9,9	9,3	13,5			
Energia elettrica				10,7	10,2	9,8



E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA- FIRE, ottenendo valore dell'indicatore per il riscaldamento buono e valore per l'indicatore per l'energia elettrica sufficiente.



6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	137,7	131,1
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	104	103,9
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	5,4	4,4
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	27,4	22,1
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,9	0,7
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	26,5	26,5

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	5.901	55.591
Energia Elettrica		12.892

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

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

Dove:



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

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

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

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

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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando i profili realistici di utilizzo e fruizione dell'edificio e i dati medi delle annualità analizzate (2014-2015-2016).

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, ren}$	kWh/mq anno	96,5	90,8
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	67,4	67,4
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	8,3	6,7
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,0	
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,0	0



Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	19,9	16
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,9	0,7
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	18,4	18,4

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	33.109	311.889
Energia Elettrica	-	60.931

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
311.889	322.538	3%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
60.931	59.451	2%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

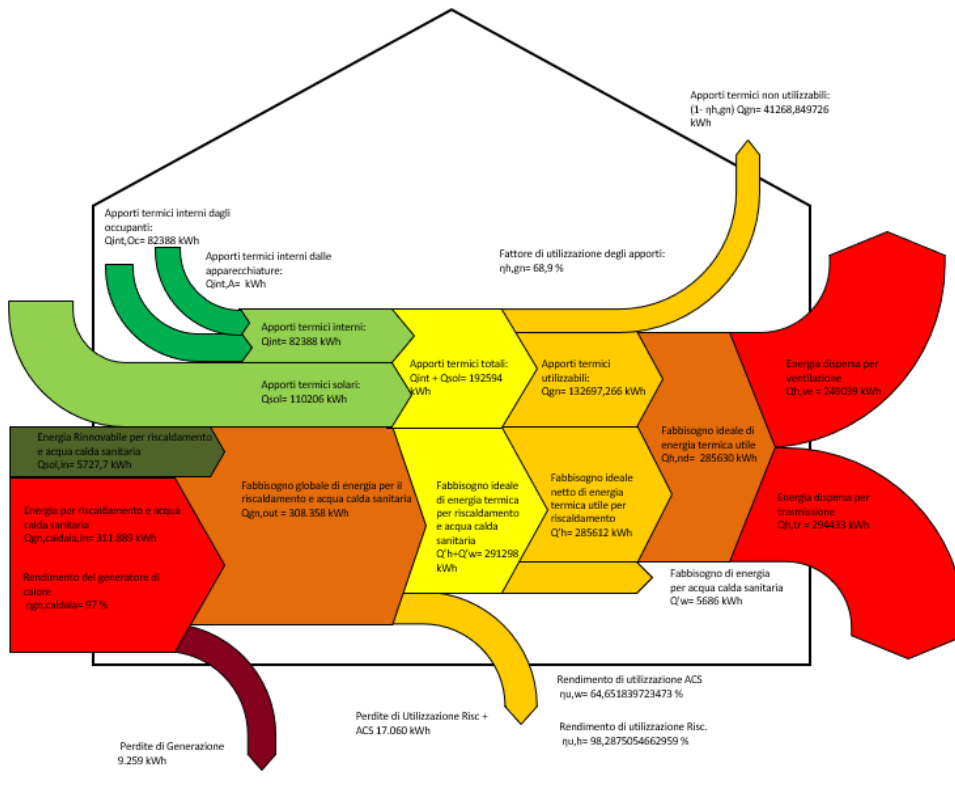
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

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

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



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



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare la quota di energia dispersa per trasmissione è confrontabile con quella dispersa per ventilazione. E' quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell'edificio, riportato nella riportato nella Figura 6.2.

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

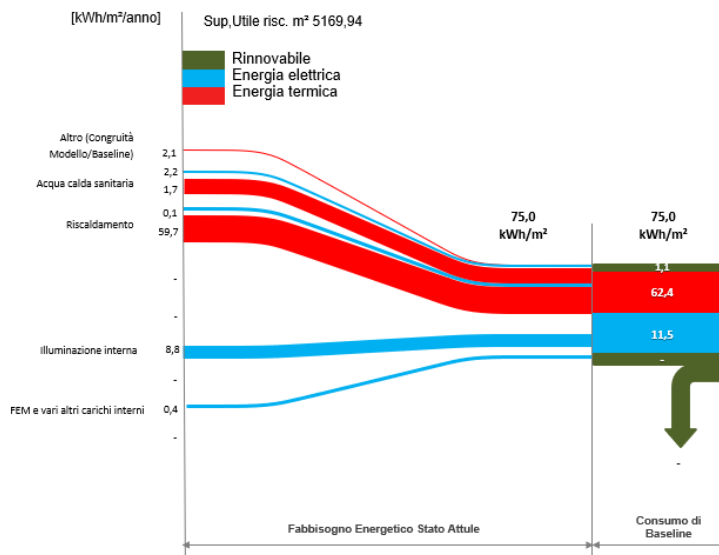


Figura 6.2



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

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

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

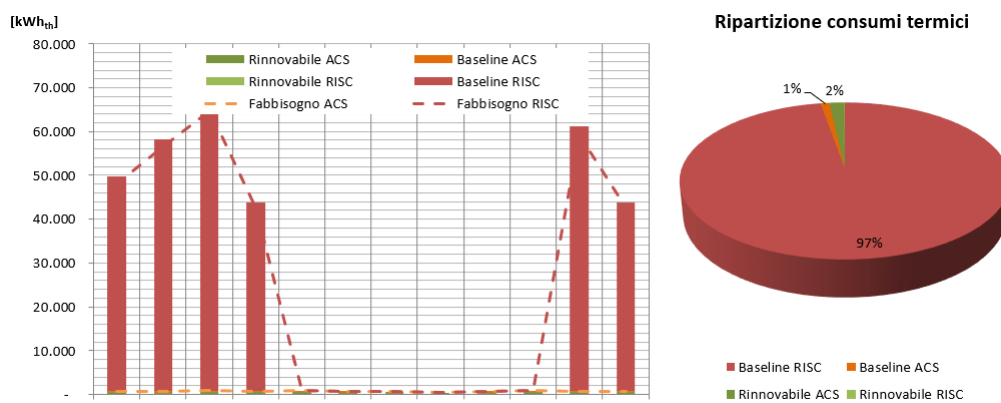
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine "Altro – Congruità" rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



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

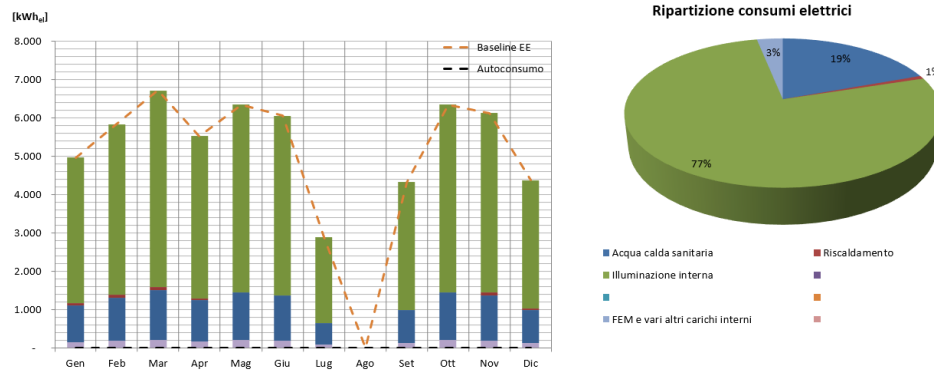
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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



I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti.



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

PDR –: 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.

Non sono disponibili i valori dei consumi.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico contatore installato all'interno dell'area di pertinenza dell'edificio scolastico, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097367: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD:IT001E00097367	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison Energia SpA	GALA	IREN
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	31/03/2017
Potenza elettrica impegnata	30 kW	30 kW	30 kW
Potenza elettrica disponibile	30 kW	30 kW	30 kW
Tipologia di contratto	Fornitura in BT	CONSIP EE12- lotto 2	CONSIP 13 VERDE-L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Contatore A	BTA6	nd
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0.07	0.04	0.06

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (2): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia elettrica.



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

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

POD: IT001E00097367	QUOTA ENERGIA	DISPACCIAMENTO	RETE	ACCISE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	560,05	96,48	802,62	93,23	354,33	1.906,70	7.458	0,256
Feb - 14	543,11	93,17	664,91	90,00	318,49	1.709,68	7.200	0,237
Mar - 14	537,00	92,63	654,35	89,58	314,46	1.688,03	7.166	0,236
Apr - 14	410,78	95,76	541,28	68,28	254,94	1.371,04	5.462	0,251
Mag - 14	421,47	96,83	538,39	70,38	257,59	1.384,66	5.630	0,246
Giu - 14	272,89	63,50	377,34	46,15	173,42	933,30	3.692	0,253
Lug - 14	205,65	47,71	283,52	34,68	126	697,30	2.774	0,251
Ago - 14	83,54	19,16	123,41	14,98	54,96	296,05	1.198	0,247
Set - 14	405,42	86,38	516,57	67,71	111,82	1.187,91	5.417	0,219
Ott - 14	418,98	82,07	541,07	69,98	116	1.227,66	5.598	0,219
Nov - 14	405,42	79,47	526,59	67,71	112	1.191,33	5.417	0,220
Dic - 14	418,98	82,08	541,07	69,98	116	1.227,67	5.598	0,219
Totale	4.683,29	935,24	6.111,12	782,66	2.309,02	14.821,33	62.610	0,24
POD: IT001E00097367	QUOTA ENERGIA	DISPACCIAMENTO	RETE	ACCISE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	418,98	73,88	523,22	69,98	112,96	1.199,02	5.598	0,21
Feb - 15	424,74	74,91	555,86	70,93	117,07	1.243,51	5.674	0,22
Mar - 15	485,47	86,11	607,48	81,55	131,11	1.391,72	6.524	0,21
Apr - 15	218,47	65,46	507,48	65,86	88,00	945,26	5.269	0,18
Mag - 15	209,95	65,87	511,58	66,09	87,53	941,02	5.287	0,18
Giu - 15	152,00	48,79	384,79	49,09	65,05	699,72	3.927	0,18
Lug - 15	112,63	32,44	309,22	37,18	50,32	541,79	2.974	0,18
Ago - 15	75,65	21,11	188,58	24,11	31,73	341,18	1.929	0,18
Set - 15	150,41	49,80	447,95	56,93	72,07	777,16	4.554	0,17
Ott - 15	183,13	48,53	591,31	73,55	91,56	988,08	5.884	0,17
Nov - 15	185,79	52,09	589,16	73,64	92,00	992,68	5.891	0,17
Dic - 15	328,12	47,39	551,95	67,21	102,88	1.097,55	5.377	0,20
Totale	2.945,33	666,38	5.768,58	736,12	1.042,29	11.158,70	58.888	0,19
POD: IT001E00097367	QUOTA ENERGIA	DISPACCIAMENTO	RETE	ACCISE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	164,98	63,10	529,31	69,30	84,38	911,07	5.544	0,164



COMUNE DI GENOVA

Feb - 16	162,74	70,31	562,41	75,49	88,79	959,74	6.039	0,159
Mar - 16	214,01	65,87	539,87	72,53	91,46	983,74	5.802	0,170
Apr - 16	168,73	84,73	132,17	64,49	46,77	496,89	5.159	0,096
Mag - 16	193,49	88,07	134,17	67,03	50,29	533,05	5.362	0,099
Giu - 16	141,87	59,53	116,05	45,94	37,81	401,21	3.675	0,109
Lug - 16	123,05	57,17	74,69	33,99	30,17	319,06	2.719	0,117
Ago - 16	52,74	30,50	32,65	17,60	13,90	147,39	1.408	0,105
Set - 16	197,32	93,75	114,39	54,08	48,01	507,55	4.326	0,117
Ott - 16	313,69	87,37	149,33	67,69	65,07	683,15	5.415	0,126
Nov - 16	391,87	94,59	159,37	74,28	76,09	796,20	5.942	0,134
Dic - 16	336,27	85,75	142,24	68,29	66,75	699,30	5.463	0,128
Totale	2.460,76	880,74	2.686,65	710,71	699,48	7.438,34	56.854	0,131

Nel grafico in Figura 7.1 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 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

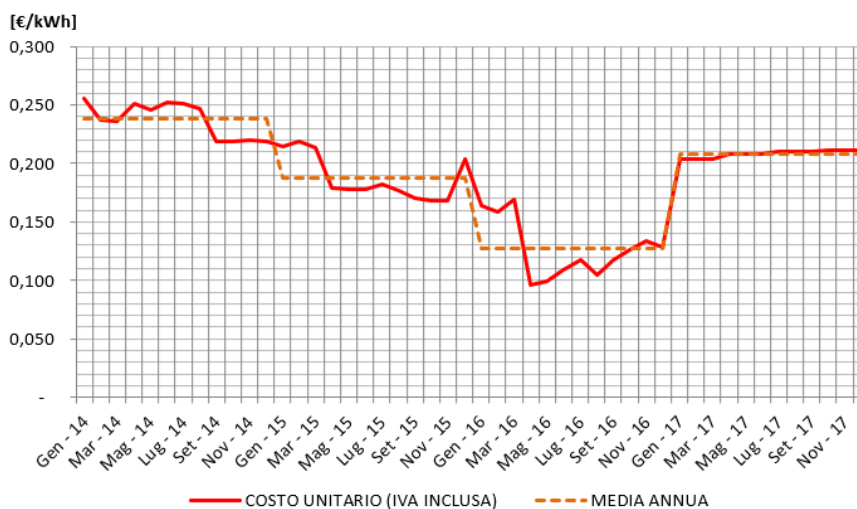
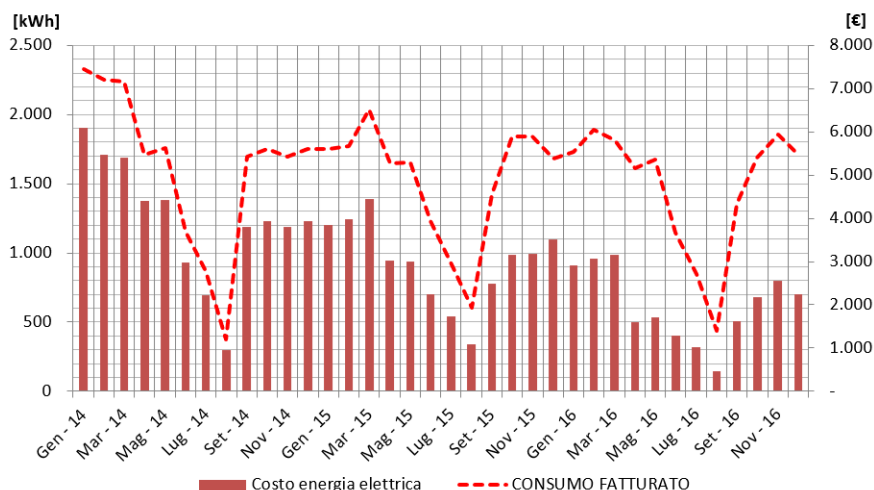


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi dell'energia elettrica è analogo per tre anni di riferimento.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

Nella Tabella 7.3 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014				62.610	14.821	0.24
2015				58.888	11.158	0.19
2016				56.854	7.438	0.13
Media	332.240 *	314.150*	454.393*	59.451	11.139	0.19

*valori forniti dalla PA, non da fatturazione

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0.077 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0.229 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-229: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza >35 kW

Facendo riferimento al capitolo 5 del Capitolato Tecnico della convenzione per l'affidamento del servizio integrato energia per le pubbliche amministrazioni ai sensi dell'art. 26 legge n. 488/1999 e



s.m.i. e dell'art. 58 legge n. 388/2000, dove sono descritte nel dettaglio le caratteristiche del servizio di "Gestione, Conduzione e Manutenzione", si deduce che i servizi compresi all'interno della componente manutentiva riguardano:

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 39.085€.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E480. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.1 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.9 \times C_M \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.21 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.79 \times C_M \end{aligned}$$

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 manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 11.222	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 2.983	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:



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

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

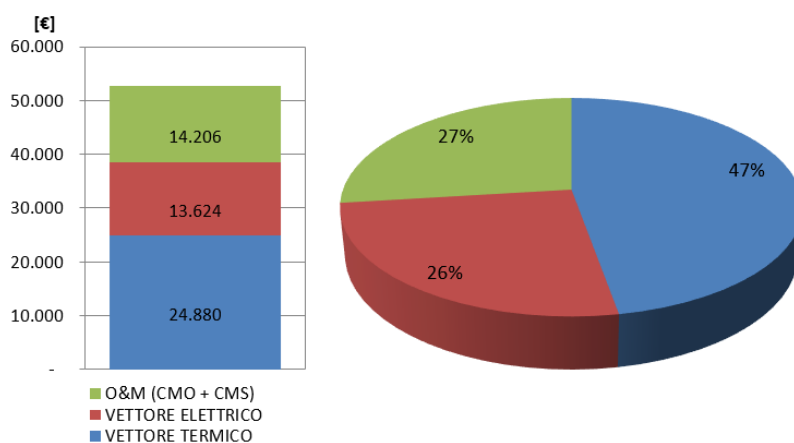
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 38.504e un $C_{baseline}$ pari a € 52.709.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
322.538	0,077	24.880	59.451	0,229	13.624	14.206	11.222	2.983	52.709

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione





8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Impianto riscaldamento

EEM1: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Figura 8.1 – Particolare della caldaia attuale

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore attualmente installato con un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza al fine di migliorare il rendimento di generazione.

L'installazione di un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza consente di aumentare il rendimento di generazione, inteso come rapporto tra l'energia termica fornita al sistema di distribuzione e l'energia termica in ingresso al generatore.



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede la sostituzione del generatore a combustione attuale con uno a più alta efficienza di tipo a condensazione. In particolare l'intervento consiste nell'installazione di un nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore di centrale.

Il generatore è completo di rampa a gas, organi di sicurezza e controllo, circolatore elettronico circuito primario, separatore idraulico, interfaccia sistema di controllo centrale.

Si prevede inoltre la sostituzione del bruciatore esistente con altro bruciatore di tipo modulante, con regolazione climatica direttamente su di esso.

Nei costi di intervento sono state considerate tutte le opere accessorie (smaltimento della centrale presente, rifacimento impianto elettrico di centrale, addolcitore, nuovo sistema di regolazione, nuovo sistema di distribuzione del fluido vettore, ecc.)

Descrizione dei lavori

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

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generatore di calore	[%]	90	105	-16,7%
Q _{teorico}	[kWh]	311.889	269.630	13,5%
EE _{teorico}	[kWh]	60.931	60.911	0,0%



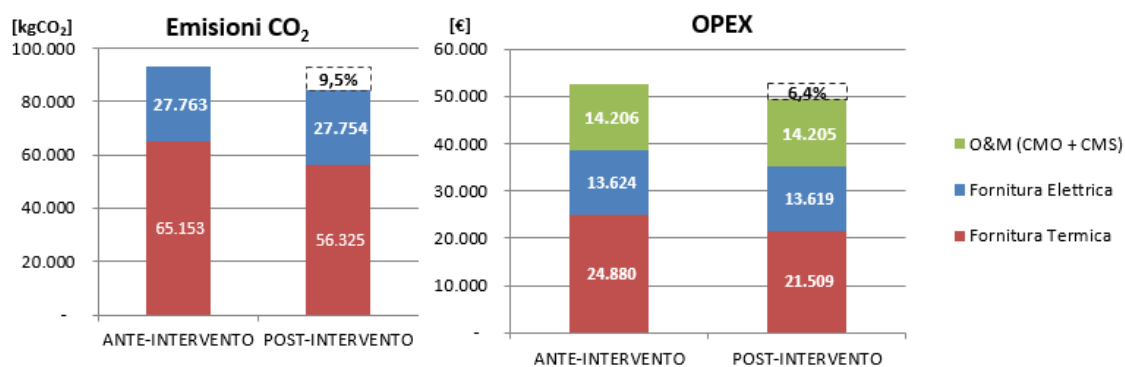
COMUNE DI GENOVA

Q _{baseline}	[kWh]	322.538	278.836	13,5%
EE _{baseline}	[kWh]	59.451	59.431	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	65.153	56.325	13,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.763	27.754	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	92.916	84.079	9,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	24.880	21.509	13,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.624	13.619	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	38.504	35.128	8,8%
C _{MO}	[€]	11.222	11.222	0,0%
C _{MS}	[€]	2.983	2.983	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	14.206	14.205	0,0%
OPEX	[€]	52.709	49.333	6,4%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077[€/kWh]per il vettore termico e 0,229 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



8.1.2 Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

EEM2: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

Figura 8.3– Esempio di valvola termostatica



Generalità

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, e in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.



Figura 8.4– Particolare delle pompe di circolazione



Caratteristiche funzionali e tecniche

Valvole termostatiche:

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio anche superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

Pompe inverter:

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione dei motori consente di modificare l'effettiva portata dei circolatori alimentati in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consente primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter per ogni motore dei circolatori sul circuito permetterà all'impianto di seguire la curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo eventuali valvole e trasduttori di gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dai motori e si potrà adattare la velocità delle pompe al carico termico richiesto istantaneo. Gli inverter preposti alla funzione dovranno essere dotati di controllo vettoriale di tensione, ed essere atti all'impiego con pompe in ambiente industriale. Con l'uso degli inverter, la portata viene regolata, variando il numero di giri

Descrizione dei lavori

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.



Per quanto riguarda la regolazione sulle pompe di distribuzione alle utenze si provvederà a mantenere costante il salto termico mandata/ritorno adattando così la portata al carico termico richiesto.

Prestazioni raggiungibili

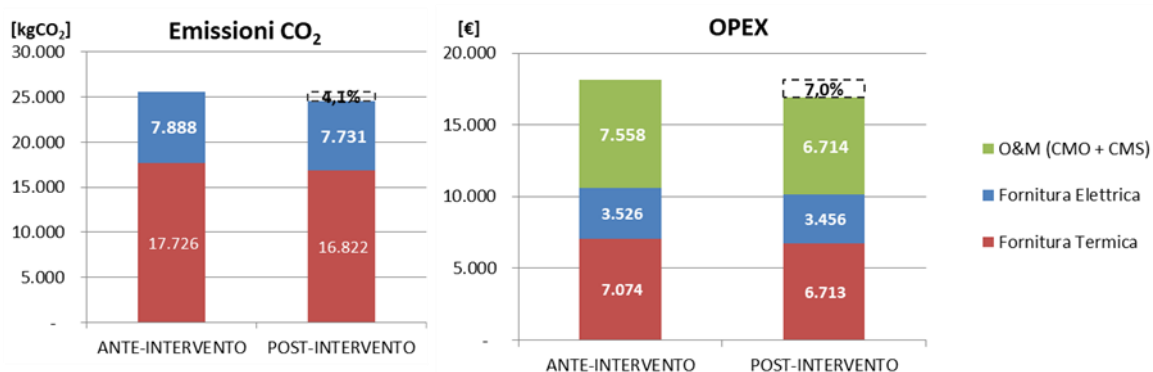
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.2.

Tabella 8.2– Risultati analisi EEM4 - Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM 4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	89,00	99,00	-11,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	89.571	85.000	5,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	16.765	16.430	2,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	87.754	83.276	5,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	16.892	16.554	2,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.726	16.822	5,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.888	7.731	2,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.615	24.552	4,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	7.074	6.713	5,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.526	3.456	2,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.600	10.169	4,1%
C_{MO}	[€]	5.971	5.230	12,4%
C_{MS}	[€]	1.587	1.484	6,5%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.558	6.714	11,2%
OPEX	[€]	18.158	16.883	7,0%
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

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





8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM3: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione esistenti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I costi di intervento possono essere limitati qualora sia possibile prevedere la sostituzione della sola lampada con modelli compatibili a maggiore efficienza, mantenendo il porta lampada esistente. È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort: l'analisi dello stato di fatto potrebbe suggerire non solo la sostituzione delle lampade, ma anche la ricollocazione o l'integrazione dei corpi

Figura 8.6 - Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



Descrizione dei lavori

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore al 50% della potenza delle lampade sostituite.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.2.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM1 – Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza	[W]	20000	10000	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	311.889	311.889	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	60.931	30.571	49,8%
Q _{baseline}	[kWh]	322.538	322.538	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	59.451	29.828	49,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	65.153	65.153	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.763	13.930	49,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	92.916	79.083	14,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	24.880	24.880	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.624	6.836	49,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	38.504	31.715	17,6%
C _{MO}	[€]	11.222	11.222	0,0%
C _{MS}	[€]	2.983	2.983	0,0%



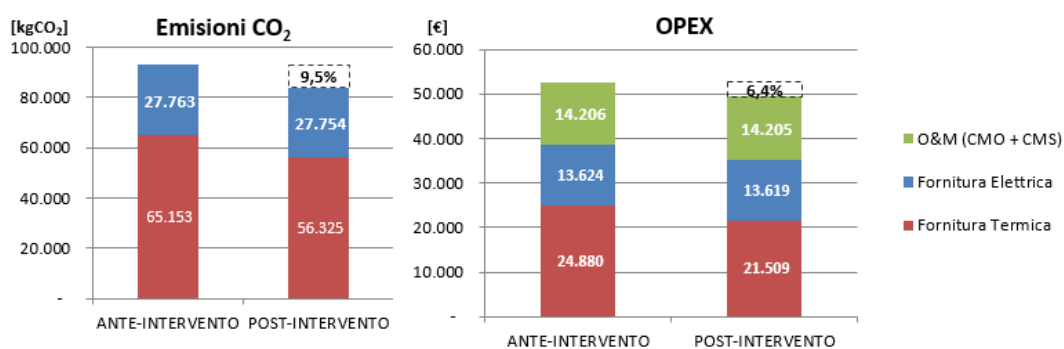
COMUNE DI GENOVA

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	14.206	14.205	0,0%
OPEX	[€]	52.709	45.920	12,9%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202[kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0.467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077[€/kWh]per il vettore termico e 0.229 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.7– EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline





9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei generatori di calore attualmente presenti con uno a condensazione ad alta efficienza.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO scontato	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
Codice				[€/m ² cm]	[€]	[€]	[€]
PR.C76.B10.030	Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 320 Kw circa	2	cad	€ 17.077,50	€ 34.155,00	22%	€ 41.669,10
PR.C84.C05.510	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 200 mm	2	cad	€ 185,15	€ 370,31	22%	€ 451,78
40.C10.B10.120	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	2	cad	€ 357,07	€ 714,15	22%	€ 871,26
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	8	cad	€ 19,21	€ 153,67	22%	€ 187,48
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	4	cad	€ 25,87	€ 103,49	22%	€ 126,26
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	4	cad	€ 109,64	€ 438,55	22%	€ 535,03
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	2	cad	€ 27,01	€ 54,02	22%	€ 65,90
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	1	cad	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75



COMUNE DI GENOVA

PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 69,52	€ 139,04	22%	€ 169,62
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	10	h	€ 31,28	€ 312,82	22%	€ 381,64
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	6	h	€ 28,98	€ 173,89	22%	€ 212,15
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.102,45	22%	€ 1.344,99
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.572,38	22%	€ 3.138,31
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 40.423	22%	€ 49.316
Incentivi		[Conto termico]			0,00			
Durata incentivi					5			
Incentivo annuo					0,00			

EEM2: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche per permettere una regolazione in portata.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione di valvole termostatiche

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO scontato	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
					€/m²cm	€	€	€
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	120	cad	€ 32,20	€ 3.864,00	22%	€ 2.357,04
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	24	h	€ 28,98	€ 695,52	22%	€ 565,73
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 137,40	22%	€ 167,63
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 320,61	22%	€ 391,14
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 5.038	22%	€ 3.507
Incentivi		[Conto termico]			0			
Durata incentivi					0			
Incentivo annuo					0			

**EEM3: Installazione di impianto di illuminazione LED**

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con altri utilizzando la tecnologia LED.

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 nella tabella.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione di illuminazione LED

Codice	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					UNITARIO scontato	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/m ² cm]	[€]	[€]	[€]
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	100	cad	€ 142,42	€ 14.241,82	22%	€ 17.375,02
045129b	Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	20	cad	€ 89,65	€ 1.792,91	22%	€ 2.187,35
045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	3	cad	€ 168,24	€ 504,71	22%	€ 615,75
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 481,04	22%	€ 586,87
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.122,43	22%	€ 1.369,37
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 18.143	22%	€ 22.134
Incentivi	[Conto termico]							€ 8.853,74
Durata incentivi	5							
Incentivo annuo								€ 1.770,75



9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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



Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Sostituzione caldaia con una a più alta efficienza

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

Tabella 9.2 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Caldaia

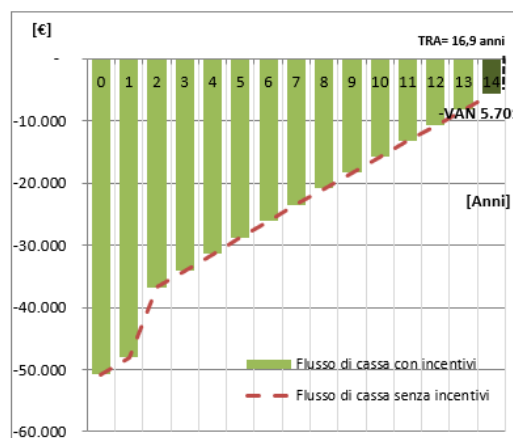
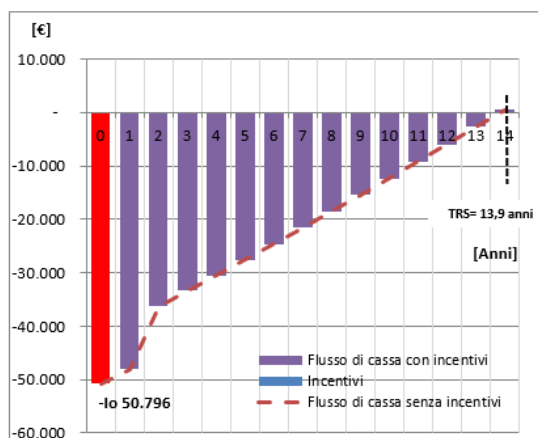
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	49316
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	13,9	13,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	16,9	16,9
Valore attuale netto	VAN	- 5.701	- 5.701
Tasso interno di rendimento	TIR	0,2%	0,2%
Indice di profitto	IP	-0,12	-0,12



I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.5 e Figura 9.6

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento è remunerativo, con un VAN negativo. I tempi di ritorno semplice è pari a 13.9 anni mentre il tempo di ritorno attualizzato è pari a 16.9 anni compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

EEM2: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

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

Tabella 9.3 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	IO	€	6147
Oneri Finanziari %IO	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	nIVA	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	nB	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,6	2,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,7	2,7
Valore attuale netto	VAN	21.482	21.482
Tasso interno di rendimento	TIR	36,6%	36,6%
Indice di profitto	IP	3,49	3,49



I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.5 e Figura 9.6

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

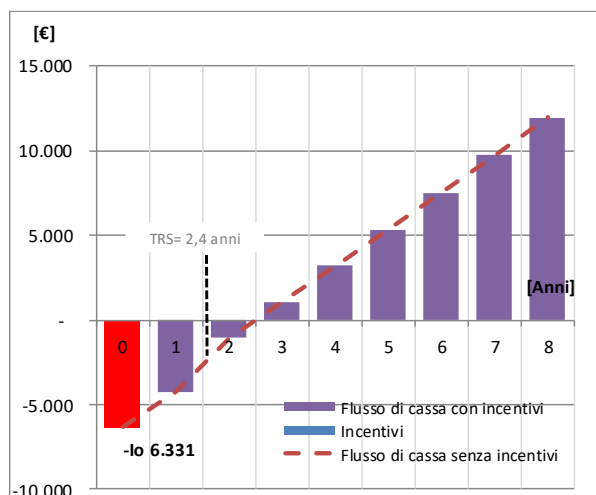
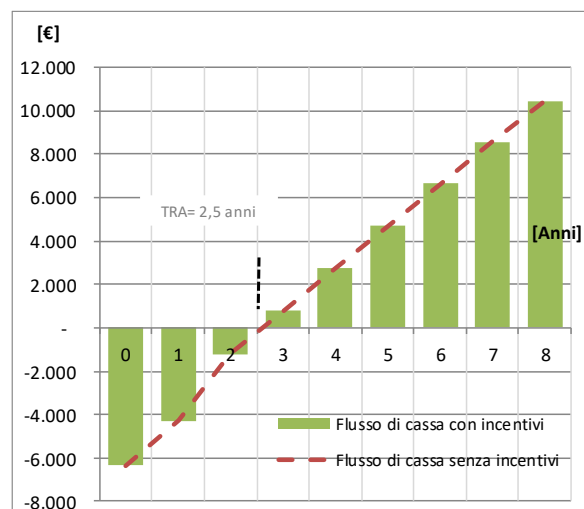


Figura 9.6 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento è remunerativo. Il tempo di ritorno semplice è pari a 2,6 anni mentre il tempo di ritorno attualizzato è pari a 2,7 anni compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

EEM3: Sostituzione illuminazione con led

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione illuminazione con led

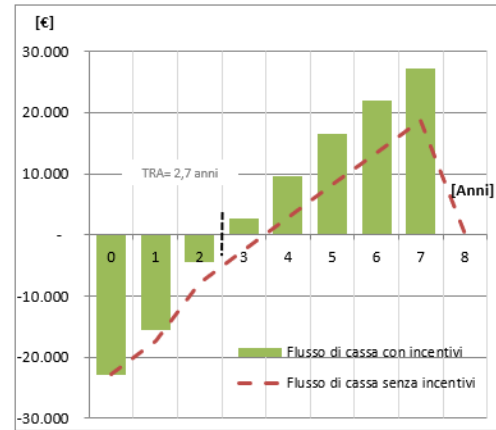
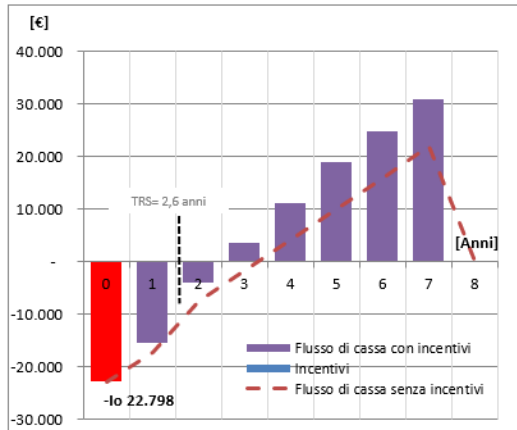
PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	22134
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	1.771
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,4	2,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,6	2,7
Valore attuale netto	VAN	18.792	27.139
Tasso interno di rendimento	TIR	21,4%	30,1%
Indice di profitto	IP	0,85	1,23



I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nella Figura 9.7 e nella Figura 9.8.

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'investimento è remunerativo, con un VAN di 18.792€ a fronte di un investimento di circa 22.134€. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (2.6 e 2.7 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.



Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.8 e Tabella 9.9.

Tabella 9.8 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	10%	€ -	€ 448,89	€ 283,40	€ 49.316,26	11,7	13,5	15	€ 1.826,60	2,56%	0,04
EEM 2	0%	5%	€ -	€ 56,11	€ 551,88	€ 6.146,56	2,6	2,7	15	€ 21.481,94	36,61%	3,49
EEM 3	50%	15%	€ 6.788,26	€ 112,22	€ 745,79	€ 22.134,35	2,9	3,2	8	€ 23.431,22	25,51%	1,06

In EEM1 è incluso l'intervento di installazione delle valvole termoregolatrici.

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;

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

CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	10%	€ -	€ 448,89	€ 283,40	€ 49.316,26	11,7	13,5	15	€ 1.826,60	2,56%	0,04
EEM 2	0%	5%	€ -	€ 56,11	€ 551,88	€ 6.146,56	2,6	2,7	15	€ 21.481,94	36,61%	3,49
EEM 3	50%	15%	€ 6.788,26	€ 112,22	€ 745,79	€ 22.134,35	2,4	2,5	8	€ 31.777,57	34,04%	1,44

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

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

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



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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è 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: Generatore + valvole:** Tale scenario consiste nella realizzazione di due delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede, la sostituzione del generatore di calore con altro a condensazione (EEM1) e l'installazione di valvole di termoregolazione sui radiatori (EEM2). L'integrazione delle due EEM (generatore di calore a condensazione + valvole termostatiche) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per l'intervento EEM1.
- **Scenario 2: SCN1 + LED** Tale scenario consiste nella realizzazione del primo scenario e nella sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED.



9.3.1 Scenario 1

La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM1 sostituzione caldaia e EEM2 installazione valvole termoregolatrici

Tabella 9.4 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	40.423	10.849	49.316
EEM2 Fornitura & Posa	5.038	1.352	6.146
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	45.461	12.201	55.463
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	10.773	2.699	13.473
EEM2 O&M	11.166	2.431	13.597
MEDIA (C_M)	11.222	2.983	14.205
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	-	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		-	

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

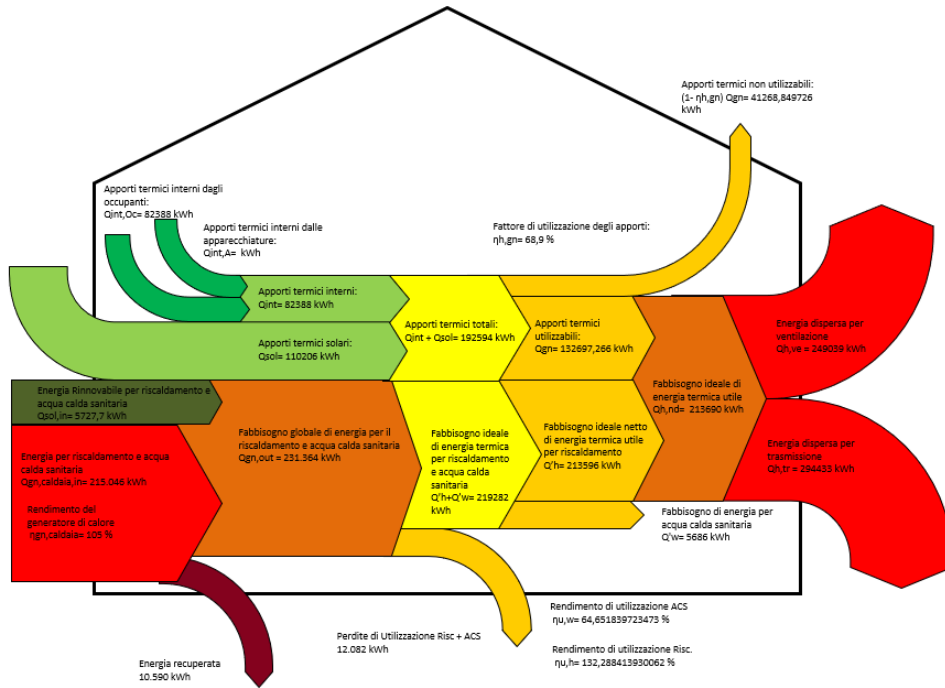
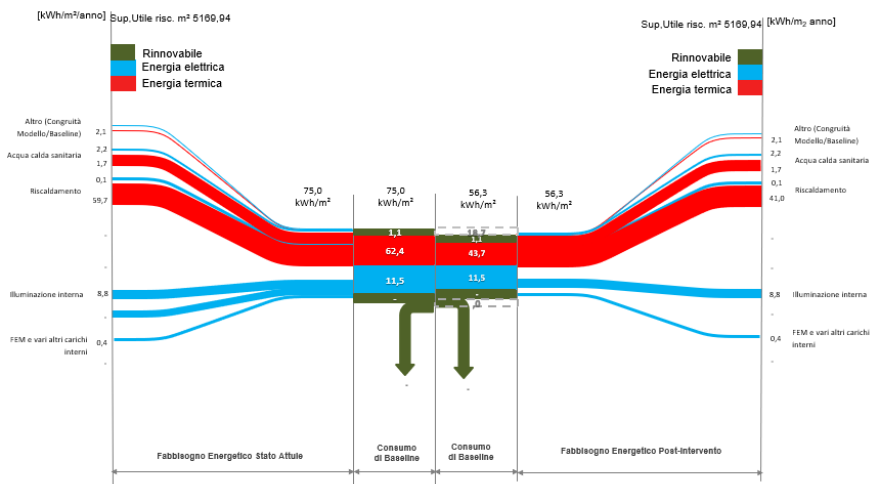


Figura 9.4 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

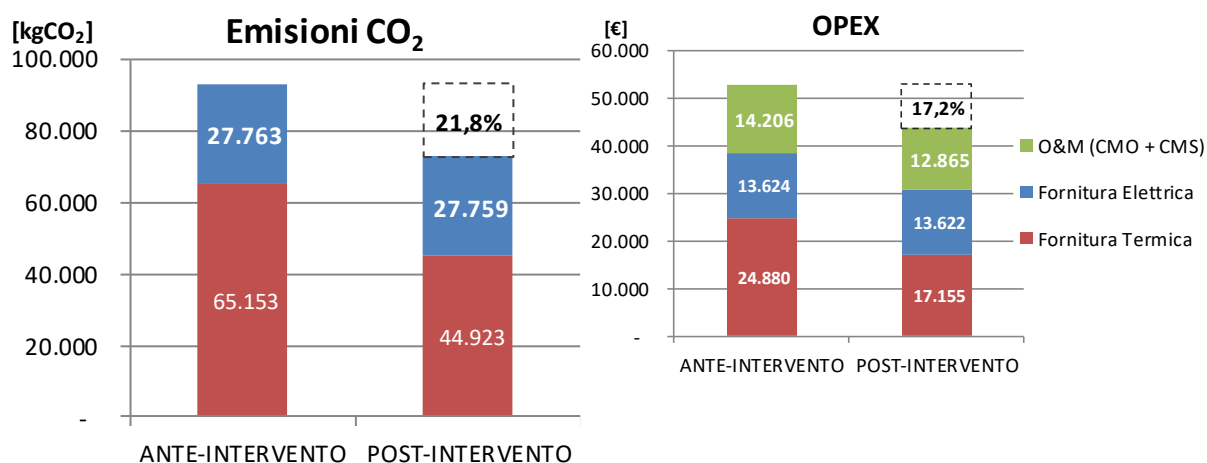




I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.5e nella Figura 9.5

Tabella 9.5 – Risultati analisi SCN1 – Sostituzione caldaia e installazione valvole termoregolatrici

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generatore di calore	[%]	90	105	-16,7%
Rendimento regolazione	[%]	92	99	-7,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	311.889	215.046	31,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	60.931	60.921	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	322.538	222.389	31,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	59.451	59.441	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	65.153	44.923	31,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.763	27.759	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	92.916	72.681	21,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	24.880	17.155	31,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.624	13.622	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	38.504	30.776	20,1%
C_{MO}	[€]	11.222	10.717	4,5%
C_{MS}	[€]	2.983	2.148	28,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	14.206	12.865	9,4%
OPEX	[€]	52.709	43.641	17,2%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

Figura 9.5 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.6, Tabella 9.7 e Tabella 9.8 e nelle successive figure.

Tabella 9.6 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Sostituzione caldaia e installazione valvole termoregolatrici

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	15
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 55.463
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.664
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 57.127
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 45.702



COMUNE DI GENOVA

Equity	I_E	€ 11.425
Fattore di annualità Debito	FA_D	11,41
Rata annua debito	q_D	€ 4.007
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€ 60.099
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 14.397

Tabella 9.7 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{EO}	€ 31.561
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€ 9.182
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 40.743
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	13,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	9,4%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	5,6%	€ 2.277
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	8%	€ 60.463
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 6.206
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	-51,90%
Costo Contrattuale ESCO (EBT) €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€ 2.118
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 1.028
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 3.366
Canone O&M €/anno	CnM	€ 8.638
Canone Energia €/anno	CnE	€ 29.829
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 38.466
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 2.277
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 40.743
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 10.002
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ -
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Non Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.	- 25,06
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	- 79,55
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN < 0$	-€ 20.787
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR < WACC$	-7,28%
Indice di Profitto	IP	-37,48%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		#NUM!
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.	9,16
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,26
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN < 0$	-€ 11.476
Tasso interno di rendimento dell'azionista	#NUM!	#NUM!



Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,821
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,230
Indice di Profitto Azionista	IP	-20,69%

Figura 9.6 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

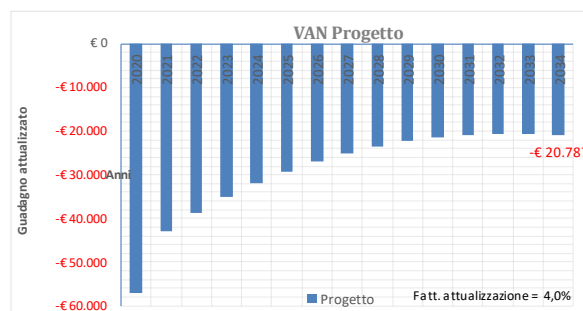
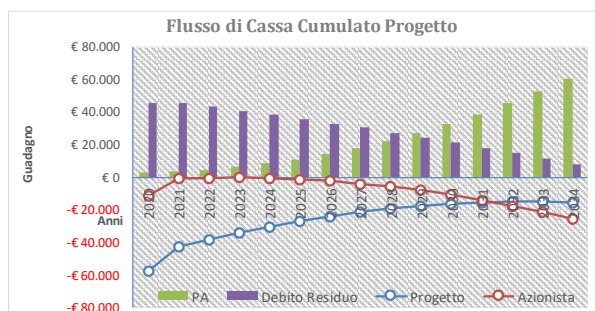
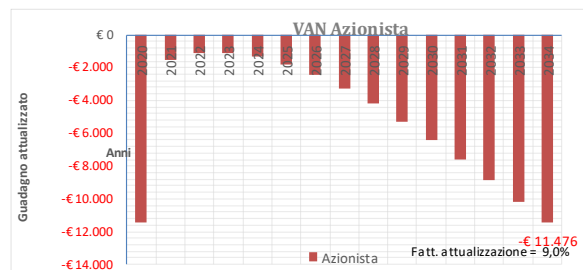
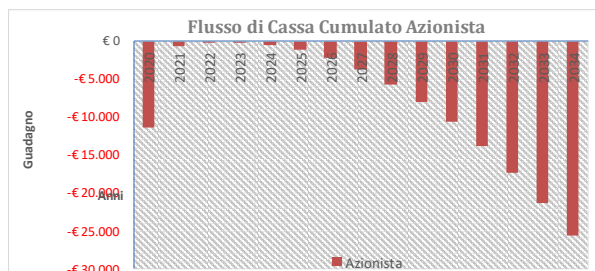
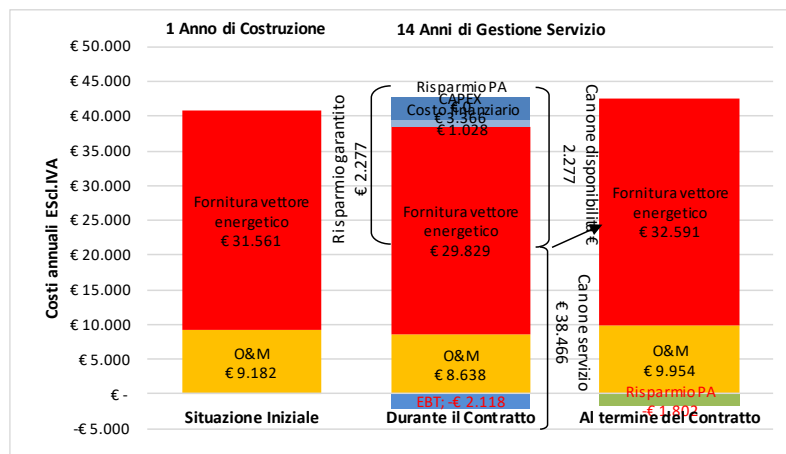


Figura 9.7 –SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta non remunerativo. Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14.

Figura 9.8 – Scenario 1:Schema di Energy Performance Contract





9.3.2 Scenario 2

La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: SCN1 + EEM3 sostituzione illuminazione con led

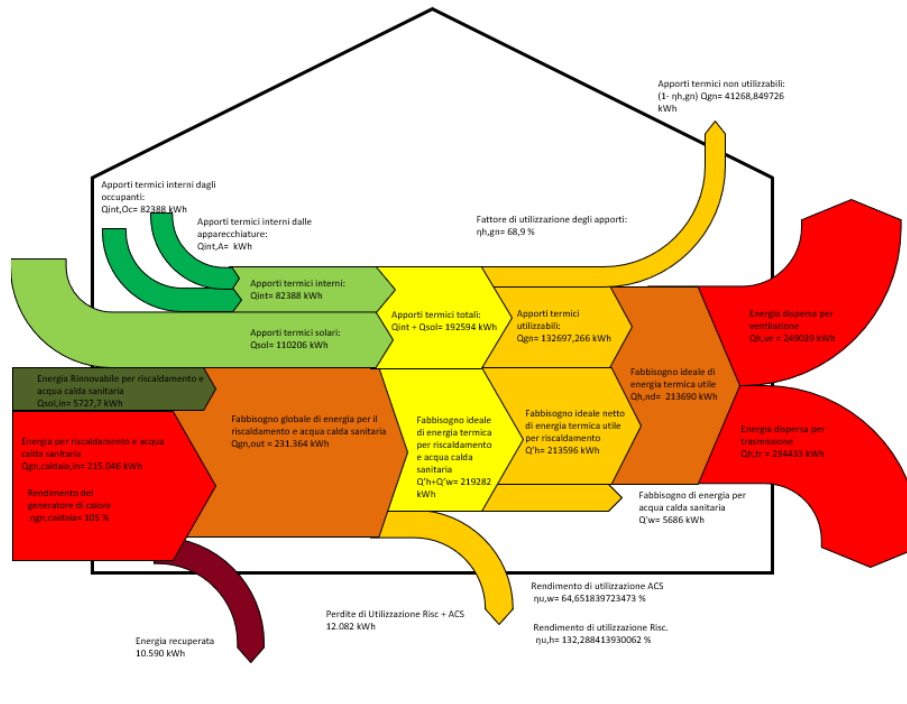
Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	40.423	10.849	49.316
EEM2 Fornitura & Posa	5.038	1.352	6.146
EEM3 Fornitura & Posa	18.142	4.869	22.134
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	63.604	17.071	77.597
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	10.773	2.700	13.473
EEM2 O&M	11.166	2.431	13.598
EEM3 O&M	11.110	2.237	13.348
MEDIA (C_M)	11.222	2.983	14.205
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	8.853,74	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		1.770,75	

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

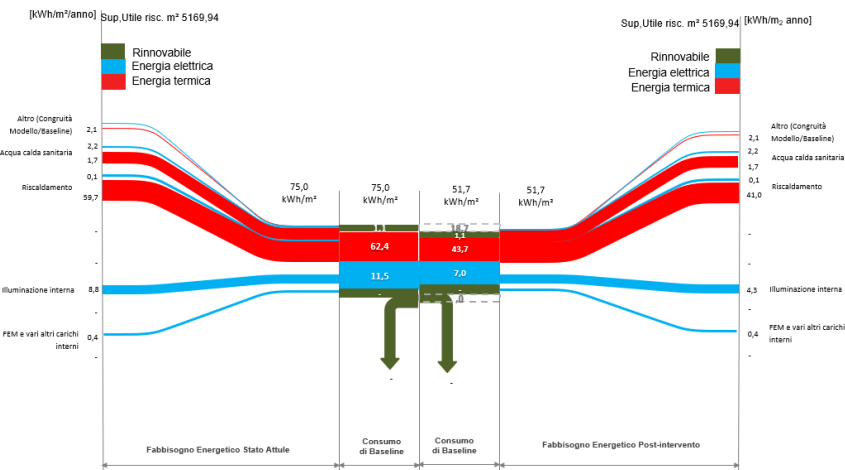


Figura 9.9 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora superiore a quella dispersa per ventilazione, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l'isolamento dell'edificio.

Figura 9.10 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

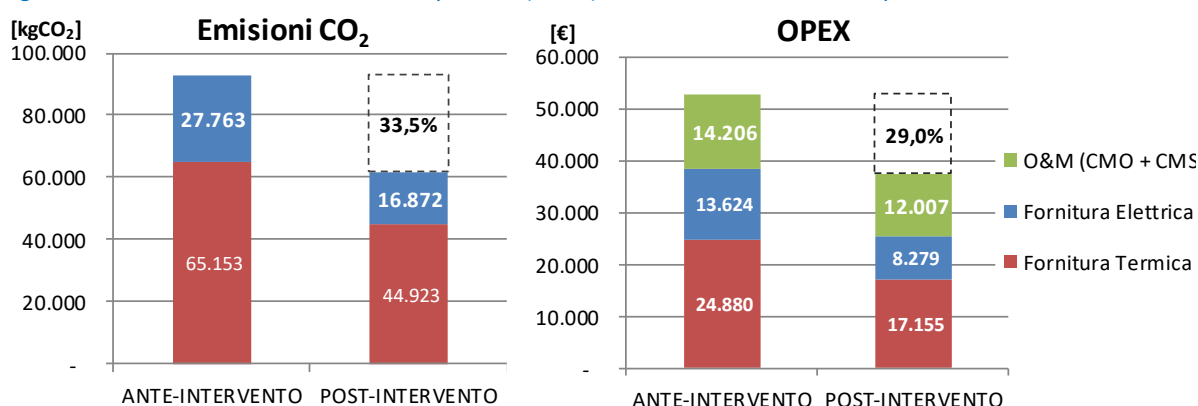




I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.17.

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN2 – SCN1 e sostituzione illuminazione con led

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generatore di calore	[%]	90	105	-16,7%
Rendimento regolazione	[%]	92	99	-7,6%
Potenza illuminazione	[W]	20000	10000	50,0%
Qteorico	[kWh]	311.889	215.046	31,1%
Eteorico	[kWh]	60.931	37.029	39,2%
Qbaseline	[kWh]	322.538	222.389	31,1%
EEBaseline	[kWh]	59.451	36.129	39,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO2]	65.153	44.923	31,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO2]	27.763	16.872	39,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO2]	92.916	61.795	33,5%
Fornitura Termica, CQ	[€]	24.880	17.155	31,1%
Fornitura Elettrica, CEE	[€]	13.624	8.279	39,2%
Fornitura Energia, CE	[€]	38.504	25.434	33,9%
CMO	[€]	11.222	10.605	5,5%
CMS	[€]	2.983	1.402	53,0%
O&M (CMO + CMS)	[€]	14.206	12.007	15,5%
OPEX	[€]	52.709	37.441	29,0%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

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

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Controsoffitto e installazione delle lampade a led

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_I	1
Anni Gestione Servizio	n_S	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	25
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 77.597
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.328
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 79.925
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 63.940
Equity	I_E	€ 15.985
Fattore di annualità Debito	FA_D	16,09
Rata annua debito	q_D	€ 3.973



COMUNE DI GENOVA

Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 99.326
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 35.386

Tabella 9.12 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{EO}	€ 31.561
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€ 9.198
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 40.759
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	33,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	15,5%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	20,0%	€ 8.172
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	13%	€ 177.633
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 16.352
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	129,70%
Costo Contrattuale (EBIT) ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 4.319
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 1.474
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 2.378
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 8.277
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 24.310
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 32.587
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 8.172
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 40.759
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 13.993
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 8.854
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,22
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,07
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 75.033
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	15,57%
Indice di Profitto	IP	96,70%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	#N/D
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	#N/D
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 56.251
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	95,46%
Debit Service Cover Ratio	DCSR > 1,3	1,998
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,062
Indice di Profitto Azionista	IP	72,49%



Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

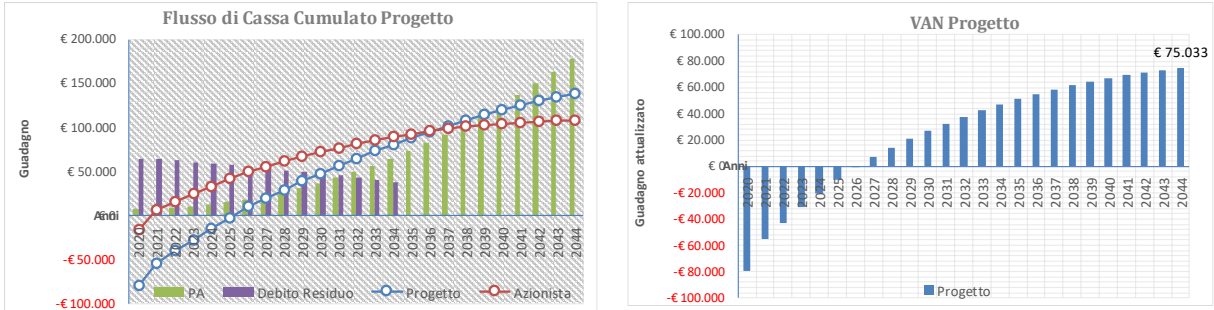
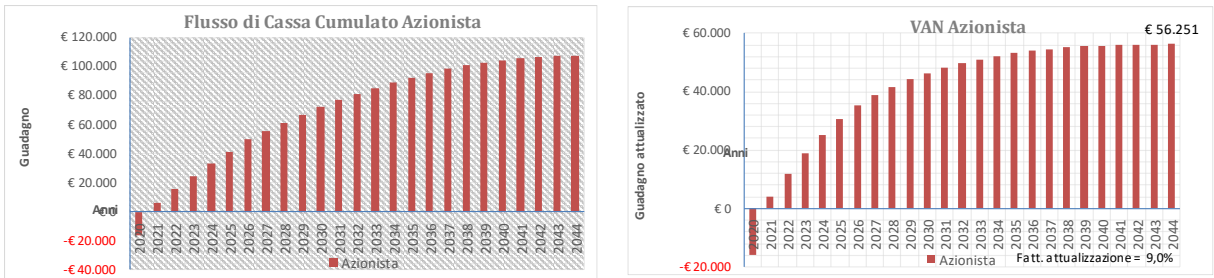
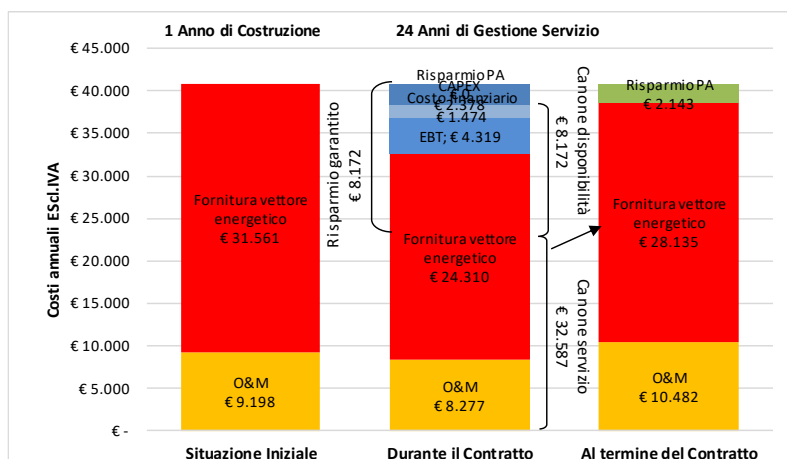


Figura 9.13 –SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento risulta remunerativo. Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.20.

Figura 9.14 – Scenario 2:Schema di Energy Performance Contract





10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro e da impianti dotati di livelli prestazionali ridotti. Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. la sostituzione dell'attuale generatore di calore con altro a condensazione ad alta efficienza;
2. l'installazione di valvole termostatiche;
3. L'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi più interessanti sono la sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED e l'installazione di valvole termostatiche.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione del generatore potrebbe prevedere una caldaia di potenzialità inferiore laddove il carico termico di riscaldamento venga preventivamente diminuito, migliorando l'isolamento dell'involucro. Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatermici e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Dalle analisi effettuate risulta che entrambi gli investimenti previsti nei due scenari risultano essere remunerativi.



ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/03/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E480.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E480.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/03/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E480.pdf

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Non è stata svolta nessun'altra prova diagnostica strumentale.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/03/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E480.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E480.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/03/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E480.pdf



ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E480_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E480_SCN2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E480.Rev01.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E480_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/03/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E480.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/03/2018	AnalisiPEF_rev06_E480.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/03/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E480.pdf

ALLEGATO N – CD-ROM