

SCUOLA MEDIA "G. SERRA"

E1645

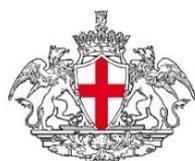
SALITA DI OREGINA 26A- GENOVA

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



Agosto/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

N:ER
INGEGNERIA

SCUOLA MEDIA “G. SERRA”

E1645

SALITA DI OREGINA 26A - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Agosto /2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

NIER INGEGNERIA S.p.A.

Via Clodoveo Bonazzi 2

40013 – Castel Maggiore – Bologna

051/0391000

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[A]	[10/06/2018]	Ing. S. Nicolini	Ing. S: Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Prima emissione del documento di diagnosi energetica
[B]	[03/08/2018]	Ing. S. Nicolini	Ing. S: Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Seconda emissione del documento di diagnosi energetica

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

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

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.2 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	8
2.3 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	18
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	20
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	20
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	22
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	23
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	24
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	26
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	26
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	27
5 CONSUMI RILEVATI	28
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	28
5.1.1 <i>Energia termica</i>	28
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	34
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	38
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	44
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	44
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	44

7.1.2	Vettore elettrico.....	46
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	49
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	50
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	51
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	53
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	53
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	53
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	53
	EEM1: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	53
	EEM2: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE	55
8.1.3	<i>Impianto di produzione ACS</i>	56
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	57
	EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	57
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	58
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	58
	EEM1: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	58
	EEM2: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE	59
	EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	62
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
	EEM1: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	64
	EEM2: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE	65
	EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	66
	SINTESI	67
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	68
9.3.1	<i>Scenario 1: <15 ANNI</i>	70
9.3.2	<i>Scenario 2: <25 ANNI</i>	76
10	CONCLUSIONI	83
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	83
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	84
10.3	RACCOMANDAZIONI	86
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	88
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1920
Zona climatica		D
Destinazione d'uso principale	E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.	
Destinazione d'uso catastale	B/5 – Scuole e laboratori scientifici	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	866
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.886
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.470
Rapporto S/V	[1/m]	0,54
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.032
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	346
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.378
Tipologia generatore riscaldamento	Caldaia a basamento di tipo tradizionale	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	100 kW centrale termica principale 8,4 kW stufe a gas metano piano terra
Tipo di combustibile	Gas metano	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Assente	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽²⁾	[t/anno]	15,5
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾	[kWh _{th} /anno]	54.519
Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾	[€/anno]	4.722

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM1: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM2: Sostituzione del generatore di calore
- EEM3: Sostituzione corpi illuminanti
- SCN 1: EEM 1
- SCN 2: EEM 1 + EEM 2 + EEM 3

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	%ΔCO ₂	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM1	10,87%	11,27%	€ 758,28	€ -	€ -	€ 6.629,00	4,8	6,0	15	€ 3.773,90	13,62%	0,57	N/A	N/A
EEM2	17,69%	18,31%	€ 1.234,25	€ -	€ -	€ 19.801,00	11,6	16,0	15	-€ 1.229,12	2,70%	-0,06	N/A	N/A
EEM3	7,26%	6,55%	€ 506,41	€ -	€ -	€ 9.589,00	9,9	15,1	15	-€ 97,42	3,79%	-0,01	N/A	N/A
SCN1	10,87%	11,27%	€ 758,28	€ -	€ -	€ 6.629,00	10,17	7,04	15	-€ 2.179,00	#NUM!	- 0,329	0,82	-0,215
SCN2	25,01%	24,89%	€ 1.744,29	€ -	€ -	€ 29.390,00	20,25	- 17,95	25	-€ 5.925,00	-1,34%	- 0,202	0,795	0,168

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

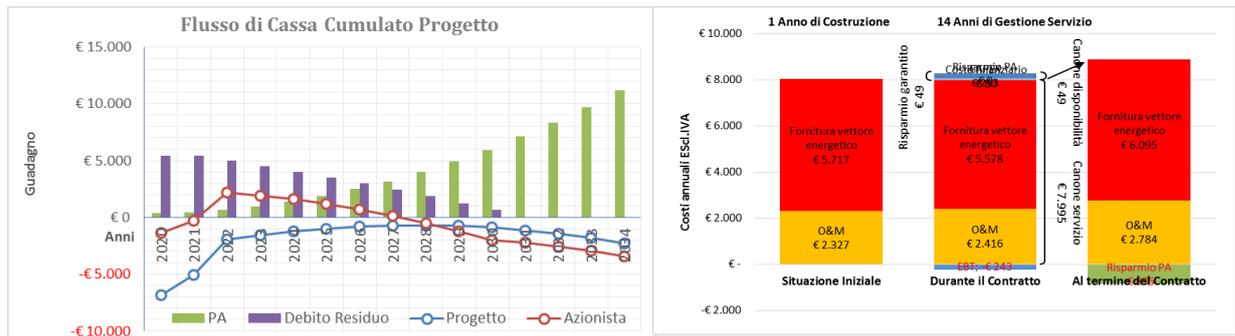


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



La costruzione degli scenari migliorativi sull’edificio oggetto di diagnosi è stata piuttosto complicata, in quanto non è stato possibile dal punto di vista della fattibilità economica proporre interventi di efficientamento sull’involucro edilizio. Si è dovuto quindi procedere con interventi di tipo impiantistico agendo in primis sulla regolazione ambiente della temperatura, poi sul generatore di calore e sull’impianto di illuminazione.

Gli scenari costruiti risultano tutto sommato vantaggiosi, nello SCN1 si riesce ad ottenere il miglioramento di una classe energetica, da F dello stato di fatto alla E, mentre nello SCN2, a fronte di un quasi dimezzamento dell’EPgl dello stato di fatto, si ha un peggioramento della classe energetica, da F a G. questo perché viene fatto un confronto dell’edificio esistente con implementati gli interventi con un edificio di riferimento diverso da quello di partenza. Tuttavia la sostenibilità finanziaria legata allo schema di contratto presentato ha giudizio completamente negativo, come si può vedere dalle tabella e dalle figure precedenti, fornendo risultati senza significato.

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 gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

Con DGC n. 225 del 17/09/2015 l'amministrazione ha pertanto partecipato al bando ministeriale denominato "Fondo Kyoto Scuole 3" attraverso il quale, con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 26 Agosto 2016 n.197/CLE, è stato riconosciuto al Comune di Genova un finanziamento

a tasso agevolato pari a € 1.127.506,00 per l'elaborazione delle **Diagnosi energetiche (DE)** di 204 edifici scolastici necessarie per la programmazione futura degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici stessi.

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata su salita di Oregina 26A



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società Nier Ingegneria S.p.A. il cui responsabile per il processo di audit è l'Ing. Fabio Coccia, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Mara Pignataro		Sopralluogo in sito
Ing. Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Ing. Sarah Nicolini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Sarah Nicolini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Sarah Nicolini		Redazione report di diagnosi
Ing. Sarah Nicolini	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Antonio Aprea	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Coccia	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere OREGINA.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Media, con alcuni locali del piano terra dati in affitto ad Associazioni Sportive e Culturali che li occupano prevalentemente nelle ore pomeridiane.

Catastralmente l'edificio oggetto di diagnosi è individuata al NCEU Sezione GEC, F. 5, Mapp. 170-171.

Dalla visura catastale risulta che l'immobile appartiene alla categoria catastale B/5 (Scuole e laboratori scientifici).

L'edificio risale al 1920 ed era stato costruito per essere un Convento religioso. Attualmente rimane testimonianza storica del passato utilizzo dell'immobile solo al piano terra, dove era collocata la vecchia Chiesa del Convento, oggi adibita a Palestra.

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		1920
Zona climatica		D
Destinazione d'uso principale		E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.
Destinazione d'uso catastale		B/5 – Scuole e laboratori scientifici
Superficie utile riscaldata	[m ²]	866

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.886
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.470
Rapporto S/V	[1/m]	0,54
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.032
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	346
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.378
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	100 kW centrale termica principale 8,4 kW stufe a gas metano piano terra
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Assente
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽²⁾	[t/anno]	15,5
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾	[kWh _{ti} /anno]	54.519
Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾	[€/anno]	4.722
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{re} /anno]	9.694
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.254

Nota (2): Valori di Baseline

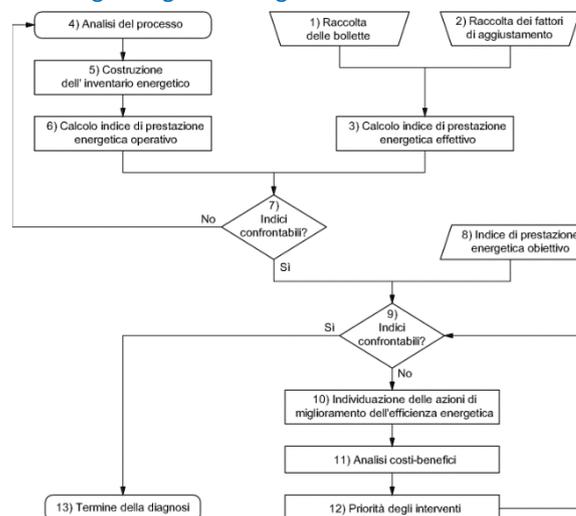
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 07/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo del Centro Funzionale e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});

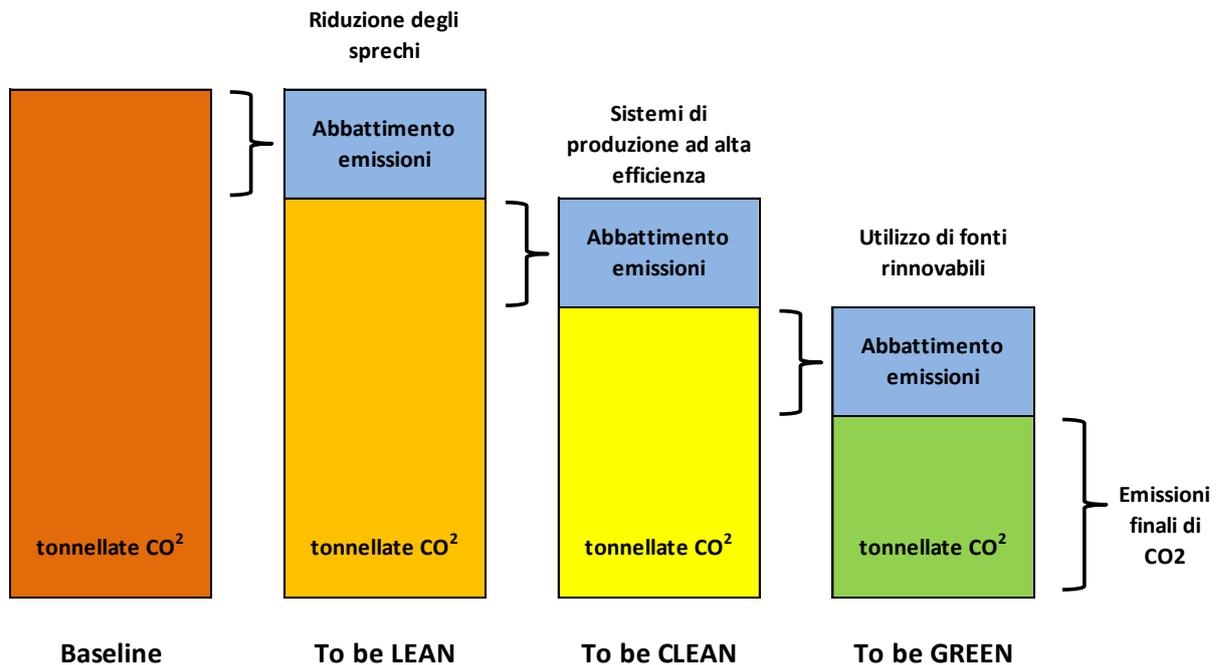
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, 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 inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

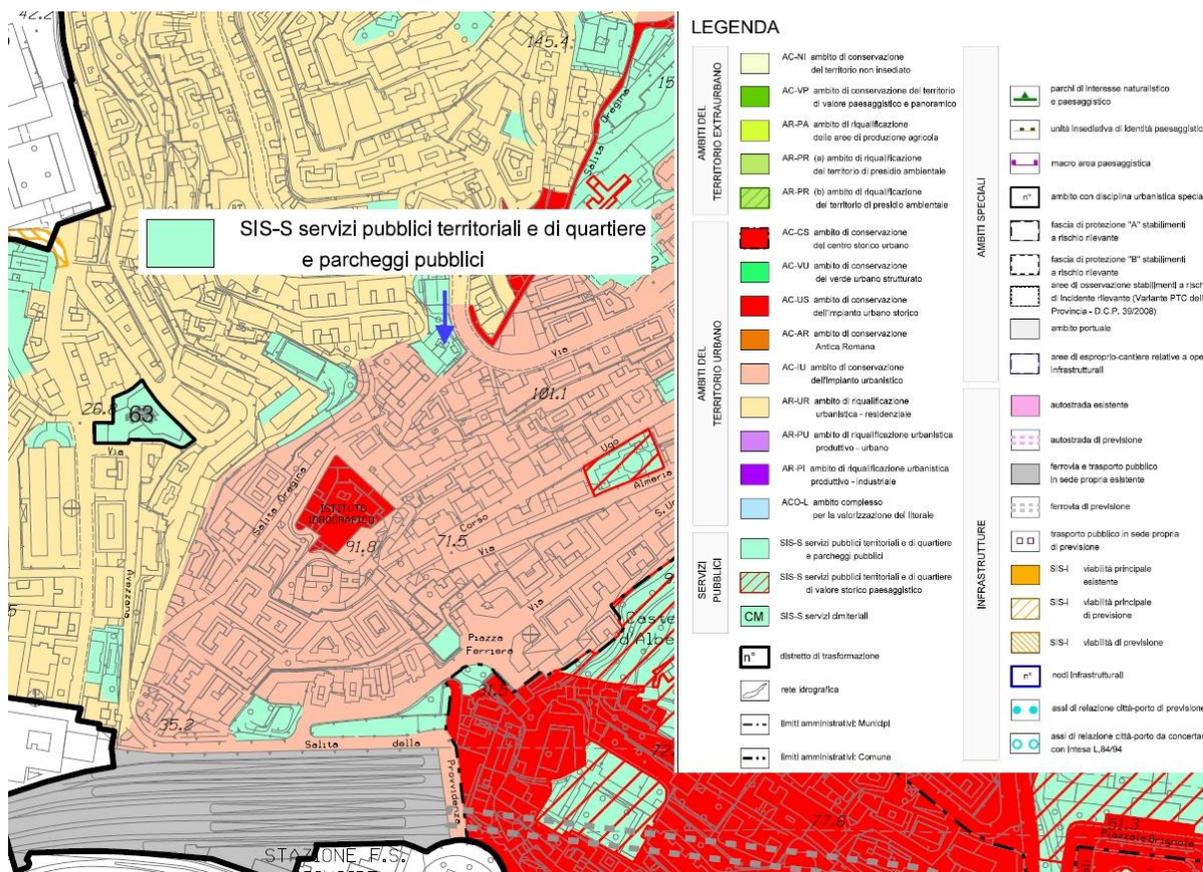
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

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

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 come *SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici*, ed è inserito in una zona il cui ambito prevalente è *AC-IU ambito di conservazione dell'impianto urbanistico*.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente 3 piani, di cui 2 seminterrati ed uno completamente fuori terra. Gli spazi occupati dalla Scuola Media "G. Serra" sono il primo ed il secondo, il piano terra è occupato da Associazioni Culturali e Sportive.

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

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

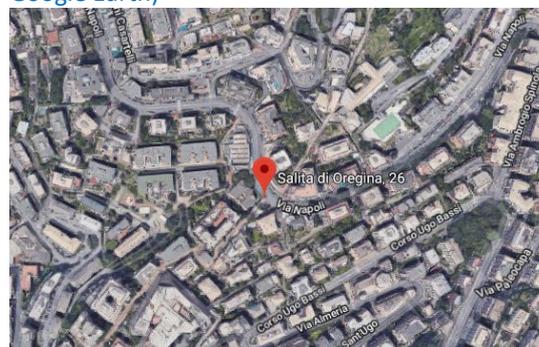


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽⁴⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽⁴⁾
0	Associazione culturale - Palestra – Piano terra	[m ²]	300	216	0
1	Aule piano primo	[m ²]	366	325	0
2	Aule piano secondo	[m ²]	366	325	0
TOTALE		[m ²]	1.032	866	0

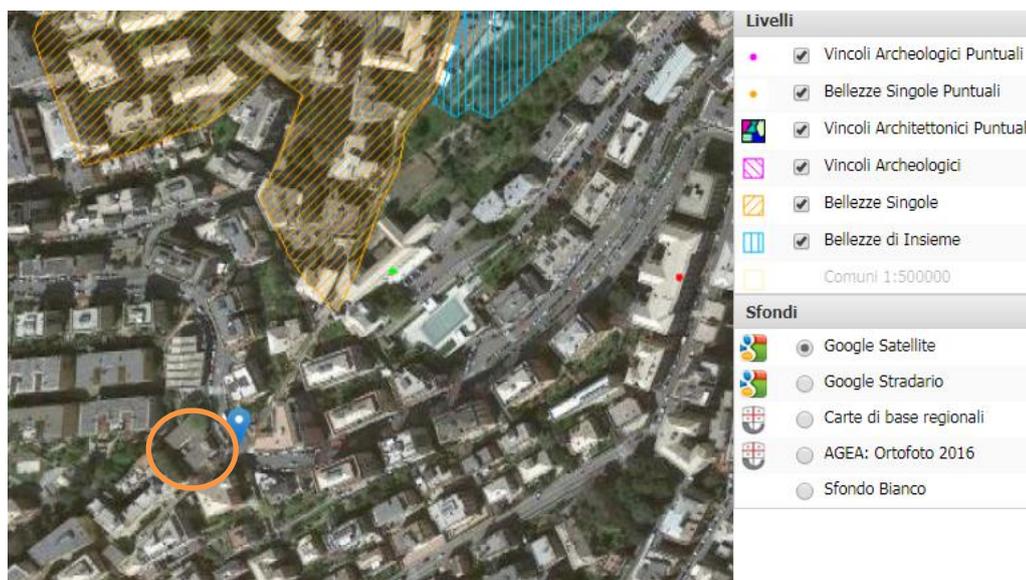
Nota (3): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (4): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

L'edificio è situato all'interno del quartiere Oregina situato sulla collina soprastante la stazione di Genova Piazza Principe. Il quartiere, abitato sin dal XVI secolo, si è sviluppato in particolare a partire dalla fine del XIX secolo, mentre la parte a ponente che confina col Lagaccio è di epoca successiva. Amministrativamente fa parte del Municipio I Centro Est.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sugli strumenti urbanistici comunali e sul portale dei Vincoli Architettonici, Archeologici e Paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l'edificio non è soggetto a vincoli architettonici puntuali nè è inserito in un'area di interesse paesaggistico ai sensi del D. Lgs. 42/2004. L'edificio non ricade all'interno di una zona soggetta a vincolo idrogeologico.

Nell'analisi delle EEM non è quindi necessaria l'identificazione delle possibili interferenze degli interventi con i vincoli.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili	-		-
EEM 2: Sostituzione generatore di calore	-		-
EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti	-		-

Nota (5): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.3 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, sia della Scuola Media, che del piano terra occupato dall'Associazione Culturale e dall'Associazione Sportiva.

Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati dalle apparecchiature presenti nella centrale termica a servizio dell'edificio.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Settembre - Ottobre	dal lunedì al venerdì	8.00-14.00 – scuola 15-18 – Associazione Culturale (fino al giovedì) 16.30-18.30 – Associazione Sportiva	Spento
	sabato e domenica	Chiuso	Spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	8.00-14.00 – scuola 15-18 – Associazione Culturale (fino al giovedì) 16.30-18.30 – Associazione Sportiva	06.00-18.00
	sabato e domenica	Chiuso	Spento
Dal 16 Aprile a Giugno	dal lunedì al venerdì	8.00-14.00 – scuola 15-18 – Associazione Culturale (fino al giovedì) 16.30-18.30 – Associazione Sportiva	Spento
	sabato e domenica	Chiuso	Spento
Luglio – Agosto	tutti i giorni	Chiuso	Spento

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico della zona termica della Scuola Media e dell'Associazione Culturale

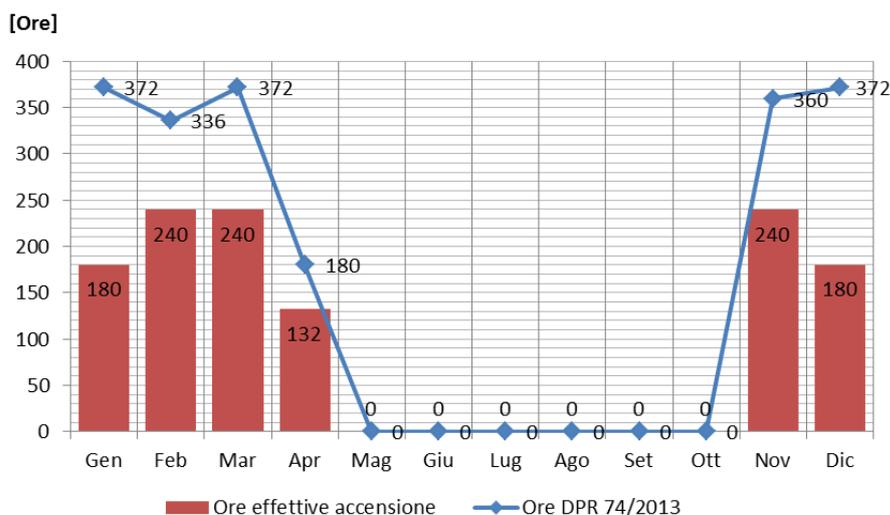
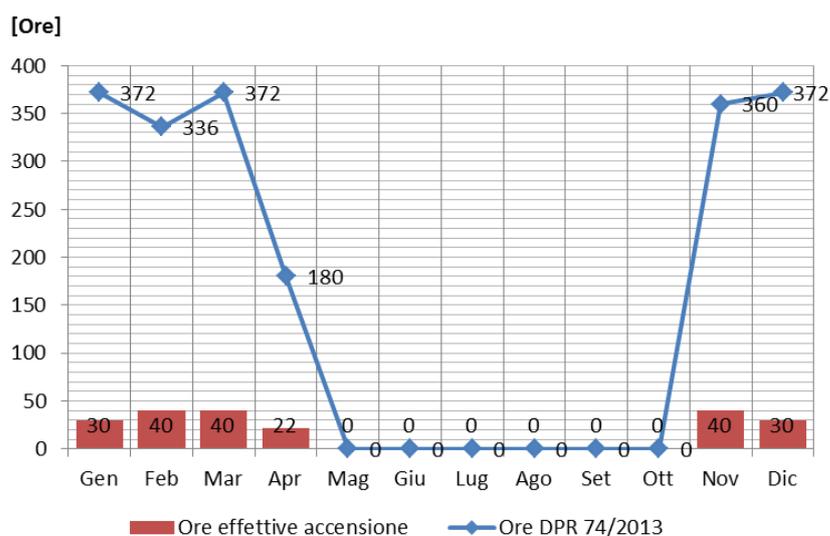


Figura 2.5 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico della zona termica della Palestra



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di apertura della scuola e di utilizzo dei locali al piano terra occupati dall'Associazione Culturale collegati all'impianto di riscaldamento principale. Gli orari di accensione dell'impianto termico sono pari 12 ore giornaliere, come prescritto dalla norma.

Relativamente alla zona termica Palestra, essa non è collegata direttamente al circuito di riscaldamento della centrale termica principale, ma è dotata di stufe alimentate a gas metano accese all'occorrenza.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 834 GG calcolati su 107 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	21%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	107	909	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

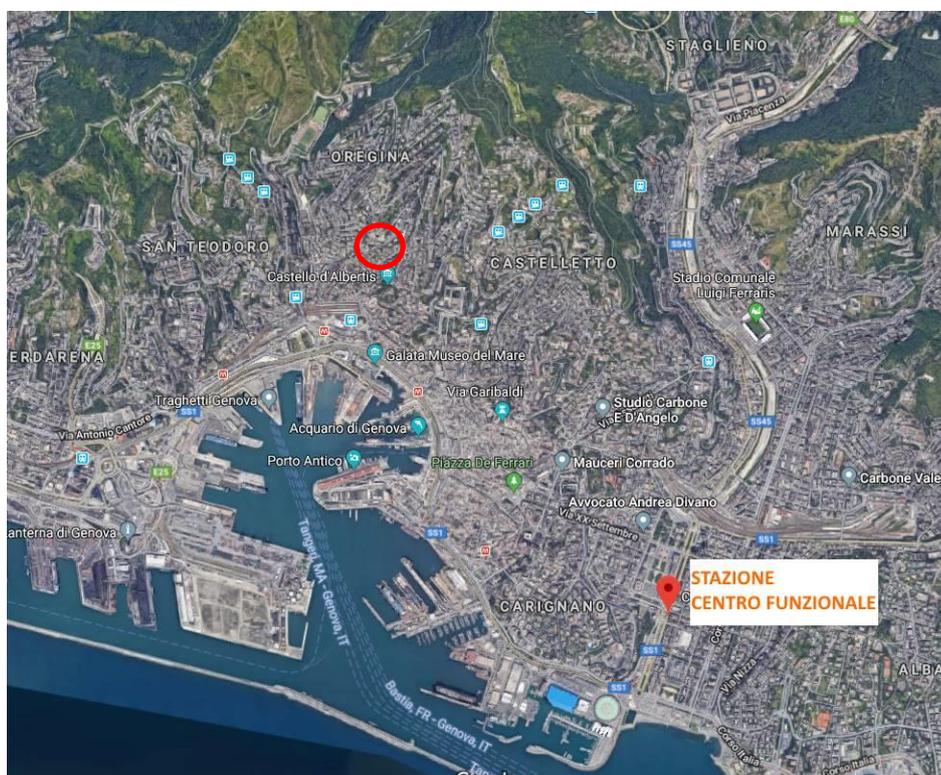
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

Da una ricerca sulle stazioni meteo presenti sul territorio comunale, reperite sul sito Ambiente della Regione Liguria, è risultato che le stazioni che riportano con maggiore completezza i dati medi di temperatura sono:

- *Castellaccio*, posta ad un'altitudine di 360 m s.l.m.
- *Centro Funzionale*, posta a 30 m slm.

Nell'edificio oggetto di diagnosi, posto ad un'altitudine di 101 m slm, sono stati utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili rispetto alla centralina di Castellaccio posta a circa 360 m sul livello del mare.

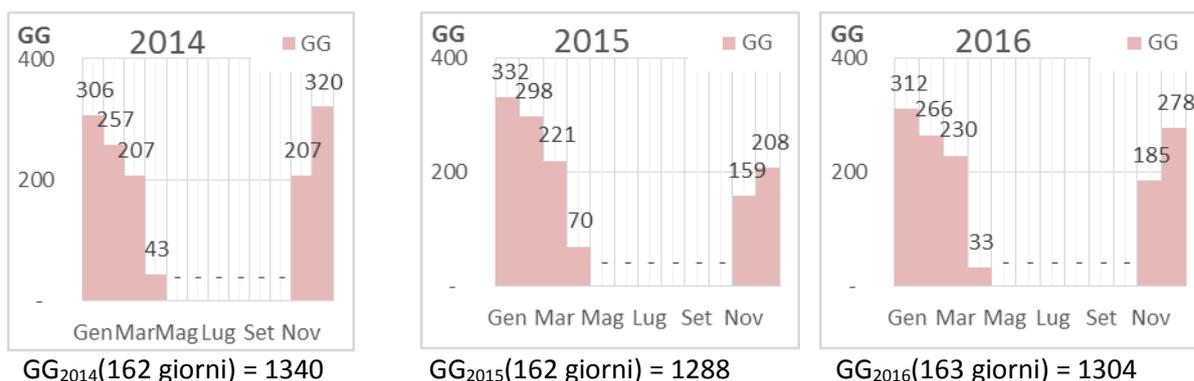
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

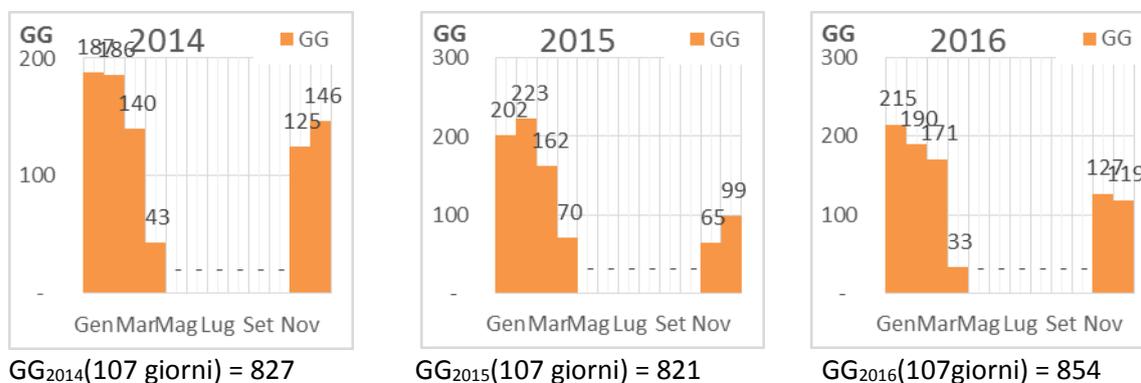


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 834 GG calcolati su 107 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG non è costante e subisce variazioni nel periodo considerato e si attesta molto al di sotto dei GG sia di norma e che del funzionamento a 162/166 giorni.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risalente al 1920 ed è realizzato in materiale misto pietra-laterizio pieno.

La finitura della pareti è ad intonaco.

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico blocco strutturale.

La struttura geometrica interna risulta abbastanza omogenea al piano primo e secondo, al piano terra sono presenti locali che costituivano la vecchia Cappella del Convento dismesso, pertanto la geometria differisce dal resto del complesso.

La copertura terrazzata è verso esterno, ed è realizzata in calcestruzzo armato portante, non coibentata, con finitura in guaina catramata.

Figura 4.1 – Facciata esterna – Salita di Oregina 26A



Figura 4.2 – Particolare muratura esterna in materiale composito pietra-laterizio



Figura 4.3 – Solaio esterno Palestra/Ex Cappella



Figura 4.4 – Facciata restrostante con accesso al Piano Terra



Figura 4.5 – Fronte via Napoli



Figura 4.6 – Copertura esterna



Figura 4.7 – Copertura esterna e vista muratura verticale



Figura 4.8 – Interno Palestra/Ex Cappella



Figura 4.9 – Interno Palestra/Ex Cappella



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Come già anticipato non sono state rilevate particolari discontinuità nella struttura edilizia, con presenza di significativi ponti termici
- Sono state individuate delle differenze di temperatura in corrispondenza del solaio esterno, sintomatico di un ponte termico, dovuto alla discontinuità geometrica della struttura
- È stata individuata anche una differenza di temperatura nelle nicchie sottofinestra, in cui il muro si assottiglia per alloggiare i radiatori.

Figura 4.10 – Rilievo termografico dell'esterno - prospetto Salita di Oregina



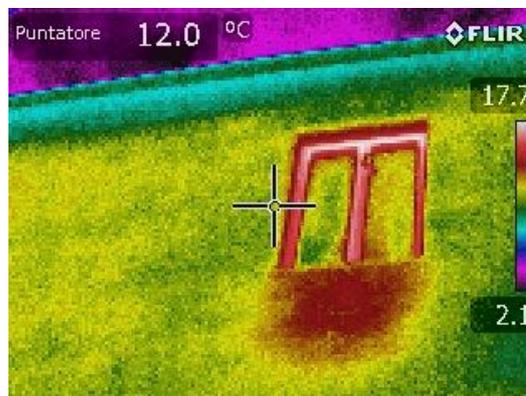
Figura 4.11 – Rilievo termografico dell'esterno - Retro



Figura 4.12 – Rilievo termografico dell'esterno – Piano Primo



Figura 4.13 – Rilievo termografico dell'esterno – Piano secondo - Retro



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica. Tutte le prove diagnostiche proposte in sede di gara relative all'involucro opaco sono state correttamente svolte, all'Allegato D sono indicati tutti gli strumenti utilizzati per le indagini svolte.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESORE [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Muro esterno 40 cm	M1	400,0	Assente	1,418	Sufficiente
Muro esterno 43 cm	M2	430,0	Assente	1,347	Sufficiente

Muro esterno CT	M3	430,0	Assente	0,000	Sufficiente
Parete interna 11 cm	M4	110,0	Assente	2,186	Sufficiente
Muro esterno 25 cm SF	M5	250,0	Assente	1,923	Sufficiente
Portone in legno	M6	50,0	Assente	1,587	Sufficiente
Pavimento su terreno	P1	530,0	Assente	0,632	Sufficiente
Solaio esterno	S1	310,0	Assente	1,522	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto prevalentemente da infissi con telaio in alluminio e vetrocamera 4/6/4, sprovvisti di taglio termico e piuttosto datati, che non versano in ottime condizioni. Oltre a questi al piano primo sono presenti infissi con telaio in alluminio e vetro singolo.

Figura 4.14 – Serramenti in alluminio e vetro singolo stratificato – Ingresso – Piano Secondo



Figura 4.16 – Serramenti in alluminio e vetrocamera

Figura 4.15 – Particolare – Serramenti in alluminio e vetrocamera – Piano Secondo



Figura 4.17 – Serramenti in alluminio e vetrocamera singolo

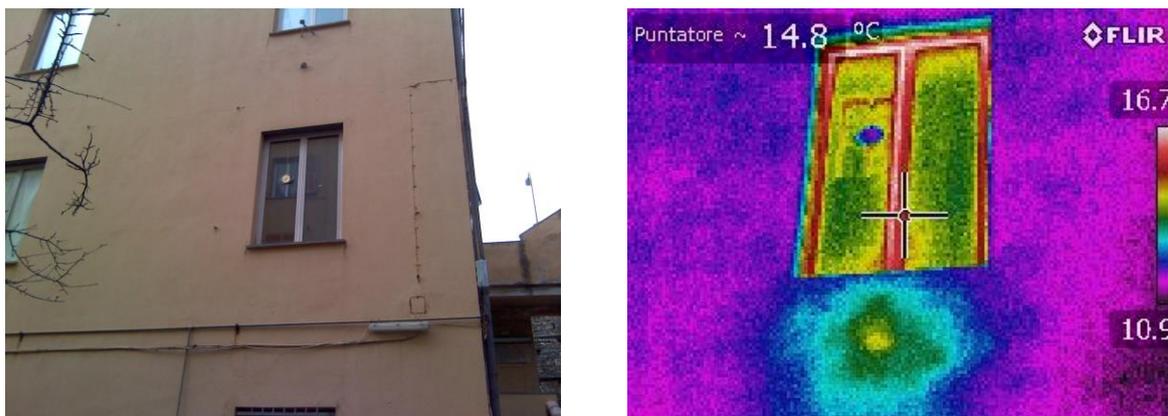


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione del rilievo termografico e del rilievo mediante spessivetro e misuratore laser.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli infissi presentano un comportamento normale con presenza di ampio ponte termico perimetrale
- Il grado di isolamento offerto dagli infissi dotati di telaio in alluminio vetro camera è insufficiente, mettendo in evidenza la mancanza di taglio termico degli stessi.

Figura 4.18 – Rilievo termografico dei serramenti esterni – Facciata posteriore



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	ALTEZZA [mm]	LARGHEZZA [mm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA - U_w [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
F1 - 115X180 - alluminio 4/6/4	W1	180,0	115,0	Alluminio	Doppio	4,005	Scarso
F2 - 60X180 - alluminio 4/6/4	W2	180,0	60,0	Alluminio	Doppio	4,317	Scarso
PF1 - 75X220 - alluminio 8 mm	W3	220,0	75,0	Alluminio	Singolo	5,493	Scarso
F3 - 75x120 - alluminio 4/6/4	W4	120,0	75,0	Alluminio	Doppio	4,256	Scarso
F4 - 165x120 - alluminio 4/6/4	W5	120,0	165,0	Alluminio	Doppio	3,818	Scarso
F4 - 165x120 - alluminio 6 mm	W6	120,0	165,0	Alluminio	Singolo	5,085	Scarso
F5 - 89x180 - alluminio 4/6/4	W7	180,0	89,0	Alluminio	Doppio	4,223	Scarso
F6 - finestre arco palestra	W8	100,0	130,0	Alluminio	Singolo	5,244	Scarso
F3 - 75x120 - alluminio 4/6/4 no sf	W9	120,0	75,0	Alluminio	Doppio	4,256	Scarso

L'elenco completo dei componenti dell'involucro trasparente, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.2 dell' Allegato J – Schede di audit e più nel dettaglio nell'Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli, mentre la strumentazione adottata per le indagini è contenuta all'interno dell'Allegato D.

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una centrale termica unica costituita da una caldaia a basamento di tipo tradizionale, alimentata a gas metano, collegata ad un unico circuito di distribuzione che serve l'intero edificio, ad eccezione della zona del piano terra occupata dalla Palestra, riscaldata da stufe alimentate a gas metano.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa – Scuola e piano terra
- Stufa a gas metano in Palestra piano terra

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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola Media "Serra"	Radiatori in ghisa e radiatori a piastra	91,3%
Palestra	Riscaldatori ad infrarossi	98,0%

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella seguente tabella; tali caratteristiche sono state recepite dalla documentazione fornita dalla PA e verificate in sede di sopralluogo. Dalla modellazione energetica eseguita con software certificato Edilclima si è ottenuto un valore globale di potenza installata per l'emissione a radiatori pari a 58,5 kW, considerando un salto termico nominale lato aria di 50°C e lato acqua di 10°C; tale valore risulta in linea con quanto riportato in tabella. Mentre per i riscaldatori ad infrarossi il valore ottenuto dalla modellazione vale 11,8 kW, anche questo in linea con quanto riportato in tabella

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche tecniche dei terminali di emissione rilevati nella scuola

ZONA TERMICA	NUMERO	TIPO DI INSTALLAZIONE	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Scuola Media "Serra"		Radiatori su parete esterna non isolata	58,5	0
Palestra	2	Su parete esterna non isolata	2x4,2	0

Non è presente un impianto di climatizzazione estiva nell'edificio scolastico analizzato

Figura 4.19 – Radiatori in ghisa – scuola media



I valori di potenza termica sopra riportati sono stati ricavati dal modello di simulazione eseguito con il software certificato Ediclimate EC700.

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 avviene attraverso cronotermostato con orari preimpostati, inoltre in centrale termica è presente un sistema di telegestione e telecontrollo dotato anche di una centralina climatica con sonda esterna. Tutti i radiatori della scuola sono sprovvisti di valvole termostatiche per la regolazione locale della temperatura.

Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti.

Figura 4.20 - Profilo di funzionamento invernale feriale dell'impianto – zona termica scuola media e locali Piano Terra.

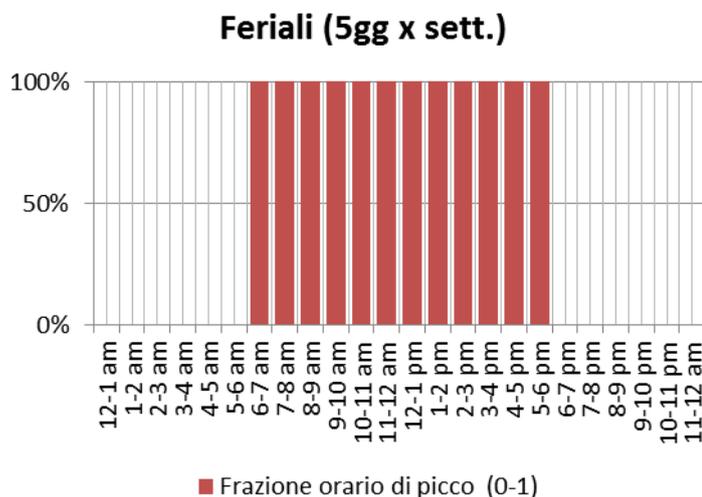
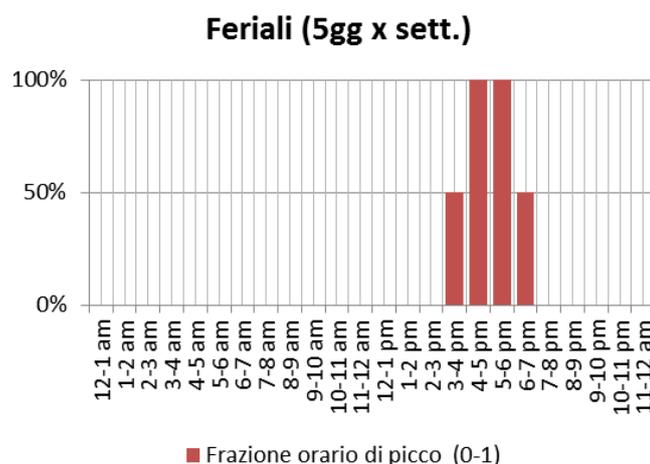


Figura 4.21 - Profilo di funzionamento invernale feriale dell'impianto – zona termica Paletra Piano Terra.



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 e derivano dal software di simulazione Edilclima EC700:

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola Media "G. Serra"	Solo Climatica con compensazione sonda esterna	80,9%
Palestra	Solo per singolo ambiente – On/Off	94,0%

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

4.2.3. Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione dedicato all'impianti di riscaldamento invernale è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di collegamento tra il generatore di calore ed il collettore principale di mandata al circuito di riscaldamento dell'edificio.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6, con i dati tecnici ricavati dalle schede tecniche delle pompe stesse, marca SALMSON modello DCX 50-50 per il circuito dell'edificio (EG01) e marca SALMSON modello SCX32-80 (ES01) per il circuito anticondensa del generatore di calore. Entrambi i gruppi di pompaggio sono a giri fissi, il gruppo EG01 presenta un funzionamento alternato.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA MASSIMA [m ³ /h]	PREVALENZA MASSIMA [m]	POTENZA MASSIMA ASSORBITA [kW]	
Generatore di calore	EG01	Pompa gemellare di mandata acqua calda da generatore di calore al collettore principale circuito radiatori	28	7	2X0,51
Circuito anticondensa del	ES01	Anticondensa	10	12	0,325

 generatore di calore

TOTALE	-0	-	0,835
--------	----	---	-------

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario della scuola media

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Generatore di calore	Mandata	Caldo	50	80
	Ritorno	Caldo	40	60

Le temperature di mandata e ritorno sono state rilevate in orario di apertura della scuola con una temperatura esterna di circa 12°C. La differenza fra temperature rilevate e temperature di calcolo dipende dalla presenza della regolazione di caldaia mediante curva climatica e sonda esterna di temperatura. Le temperature di calcolo fanno riferimento alle condizioni di progetto, relative ad una temperatura esterna di 0°C.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione dell'impianto di riscaldamento invernale è stato assunto nella DE pari al 99%, come calcolato con software certificato Edilclima EC700 che implementa le norme UNI TS 11300.

Figura 4.22 – Gruppo di pompaggio EG01



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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento di tipo tradizionale alimentata a gas metano che produce acqua calda dedicata al servizio di riscaldamento invernale dell'edificio analizzato. Il generatore di calore è stato installato nel 1997 ed è collocato nell'attuale centrale termica posizionata in copertura all'edificio.

Figura 4.23 – Posizionamento generatore di calore tradizionale a basamento



Figura 4.24 - Centralina climatica con cronotermostato.



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche generatore di calore

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
GC01 Riscaldamento	UNICAL	GEA 89E	1997	100	89	89%	0.005

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari a 88,4%, calcolato con software di simulazione energetica che implementa le norme UNI TS 11300. Il rendimento risultato dall'ultima prova fumi resa disponibile, risalente al febbraio 2017, è pari al 92,9%, valore superiore al dato di targa ed a quello utilizzato per la diagnosi energetica.

Al piano terra sono posizionate due stufe alimentate a gas metano, collegate al PDR principale, che riscaldano la zona della Palestra.

Figura 4.25 – Stufa a gas metano



Figura 4.26 - Targa stufa a metano



Non è stato possibile ricavare altre informazioni tecniche sulle stufe a metano, oltre a quelle riportate nella seguente tabella.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche generatore di calore – stufa a gas metano

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE	POTENZA TERMICA UTILE	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA
					[kW]	[kW]		[kW]
GC01	Riscaldamento Palestra	SICAR	ND	2014	4,2	ND	100%	ND

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

All'interno dell'edificio scolastico oggetto di diagnosi non è presente alcun sistema di generazione di ACS. È presente uno scaldabagno elettrico al piano terra da 15 l e 1200 W, tenuto staccato, i cui consumi elettrici non sono a carico della PA ma sono misurati da un POD indipendente. Ai fini della presente diagnosi energetica non è stato considerato, ma è stato invece inserito nella modellazione per la realizzazione del certificato energetico della struttura.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ad esempio le attrezzature delle aule ed altri dispositivi in uso del personale (pc, LIM e stampante multifunzione).

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE - STIMA	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
		[W]	[W]	[ore] - STIMA
Distributore di bevande	1	800	800	4320
LIM	1	340	340	540
Fotocopiatrice-stampante	1	200	200	780
TV	1	200	200	360
pc	16	200	3200	900

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade a neon fluorescenti di tipo T8, con plafoniere di varia tipologia, prevalentemente sono presente 4x36W e 4x18W.

Figura 4.27 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nell'edificio- fluorescente 4X36W



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
P1	Fluorescente	27	4X18	1944
P1	Fluorescente	3	1X36	108
P1	Fluorescente	2	2X58	232
P1	Fluorescente	4	1X18	72
P1	Fluorescente	6	4X36	864
P2	Fluorescente	30	4X18	2160
P2	Fluorescente	1	2X18	36
P2	Fluorescente	6	4X36	864
P2	Fluorescente	1	2X36	72
P2	Fluorescente	5	1X36	180
P2	Fluorescente	6	1X18	108

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.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas Metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano per tutto il triennio 2014-2016 considerato.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm ³]	[kWh/Nm ³]	[Sm ³ /Nm ³]	[kWh/Sm ³]
Gas Metano	n/a	n/a	9,94 ⁽⁶⁾	1,0549	9,42

Nota (6) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas Metano avviene tramite la presenza di un unico contatore il quale risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per riscaldamento invernale ambienti Scuola Media;
- Stufe a gas per riscaldamento della Palestra al piano terra.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas Metano si basa sulla base dei 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
		[smc]	[smc]	[smc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
		Gas Metano					
03270024522202	Riscaldamento	5.124	4.537	6.271	48.268	42.742	59.071

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento e si è registrato uno scostamento del 1,5% del 2015 e del 12% del 2016 tra i due valori.

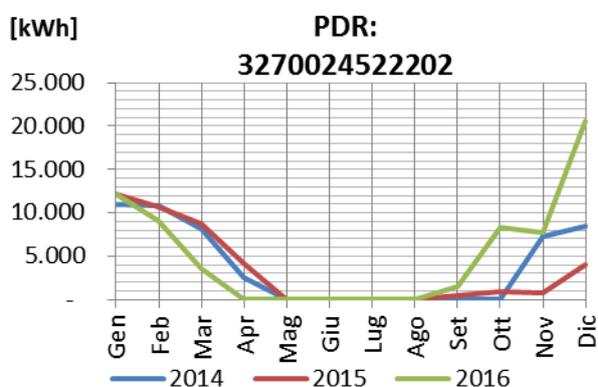
Di seguito si riporta la stima dei consumi del PDR 03270024522202 nella Tabella 5.3. e la suddivisione mensile degli stessi, calcolata in base ai gradi giorno della stazione meteo di riferimento (Centro Funzionale) per il solo 2014 e con i dati di fatturazione per il 2015 e 2016.

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

PDR: 3270024522202	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.161	1.287	1.286	10.934	12.119	12.114
Feb	1.152	1.138	965	10.852	10.723	9.090
Mar	869	932	387	8.183	8.776	3.646
Apr	265	451	6	2.497	4.248	57
Mag	-	1	1	-	9	9
Giu	-	-	2	-	-	19
Lug	-	-	1	-	-	9
Ago	-	1	1	-	9	9
Set	-	50	163	-	471	1.535
Ott	-	102	885	-	961	8.337
Nov	772	85	825	7.276	801	7.772
Dic	905	424	2.180	8.527	3.994	20.539
Totale	5.124	4.471	6.702	48.268	42.112	63.136

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici stimati



Come è possibile individuare i consumi termici relativi al servizio di riscaldamento invernale degli ambienti non presentano un andamento regolare, anzi sono state evidenziate variazioni significative nel triennio considerato.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

Per il calcolo di normalizzazione termico è stato scelto come valore di baseline quello indicato nel file Kyoto-baseline-E1645.xls.

Questa valutazione ha portato ai risultati indicati nella seguente tabella.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU [107] GIORNI	GG _{RIF} SU [107] GIORNI	Consumo Reale [smc]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione α_{rif}	Consumo normalizzato a 1421 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	827	909	5.124	48.282	58,4	53.045		
2015	821	909	4.537	42.751	52,1	47.323		
2016	854	909	6.271	59.090	69,2	62.863		
Media	834	909	6.271	50.041	60,0	54.519		

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.5:

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	0-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	54.519
$Q_{baseline}$	54.519

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica alla Scuola Media avviene tramite la presenza di un contatore dedicato, a servizio del piano primo e secondo.

Esiste un ulteriore contatore posizionato al piano terra per la misurazione dei consumi elettrici della palestra e dei locali ad uso dell'Associazione Culturale, non considerato ai fini della presente diagnosi in quanto i consumi non sono imputabili alla PA.

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00098020	Scuola Media "G. Serra"	9.741	8.285	11.055	9.694
TOTALE		9.741	8.285	11.055	9.694

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annuali elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l'edificio oggetto di DE all'interno del file kyotoBaseline-E1645 ed è emerso uno scostamento nei consumi fin dal 2014, per poi aumentare la differenza tra le due valutazioni fino ad arrivare ad una variazione del 8,3% nel 2016. Pertanto la baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali desunti dalle fatture fornite per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 9.694 kWh.

Di seguito si riportano i consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fascia per tutti i POD analizzati

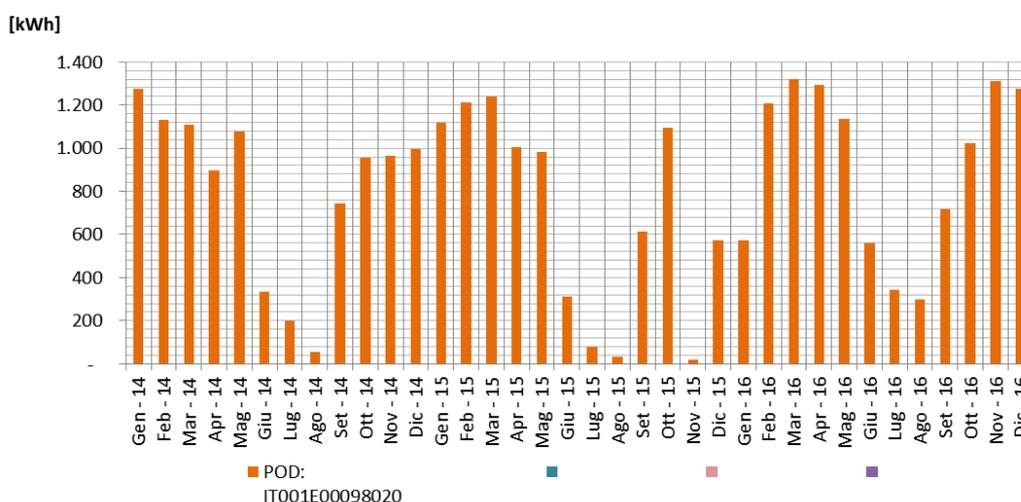
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento – POD

POD: IT001E00098020	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	984	144	148	1.276
Feb - 14	894	125	114	1.133
Mar - 14	917	105	86	1.108
Apr - 14	738	78	83	899
Mag - 14	751	119	207	1.077
Giu - 14	239	38	56	333
Lug - 14	149	21	29	199
Ago - 14	18	13	26	57
Set - 14	616	74	56	746
Ott - 14	816	81	59	956
Nov - 14	802	84	77	963
Dic - 14	826	83	85	994
Totale	7.750	965	1.026	9.741
POD: IT001E00098020	F1	F2	F3	TOTALE

Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	883	136	100	1.119
Feb - 15	1.012	113	88	1.213
Mar - 15	1.012	113	114	1.239
Apr - 15	825	77	103	1.005
Mag - 15	722	110	152	984
Giu - 15	219	36	57	312
Lug - 15	39	15	22	76
Ago - 15	10	7	15	32
Set - 15	531	54	30	615
Ott - 15	946	92	57	1.095
Nov - 15	13	3	4	20
Dic - 15	467	60	48	575
Totale	6.679	816	790	8.285
POD: IT001E00098020	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	466	60	48	574
Feb - 16	1.001	109	99	1.209
Mar - 16	1.049	130	142	1.321
Apr - 16	869	169	254	1.292
Mag - 16	938	103	93	1.134
Giu - 16	304	95	159	558
Lug - 16	116	86	143	345
Ago - 16	96	69	132	297
Set - 16	526	93	100	719
Ott - 16	868	95	58	1.021
Nov - 16	1.088	143	81	1.312
Dic - 16	855	172	246	1.273
Totale	8.176	1.324	1.555	11.055

Si riporta la Figura 5.2 con un confronto grafico dell'andamento dei profili elettrici reali per il triennio di riferimento.

Figura 5.2 – 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.

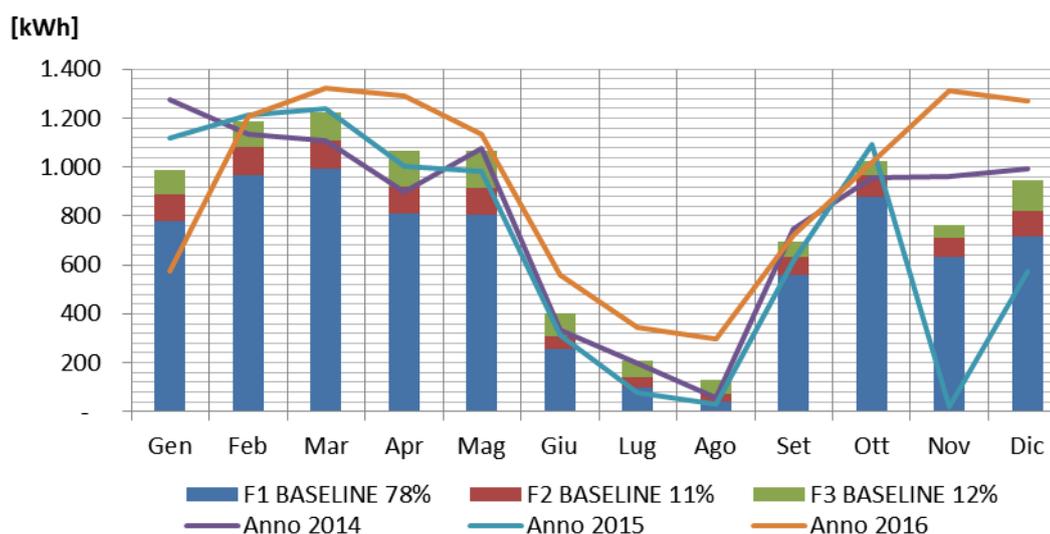
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	778	113	99	990
Febbraio	969	116	100	1.185
Marzo	993	116	114	1.223
Aprile	811	108	147	1.065
Maggio	804	111	151	1.065
Giugno	254	56	91	401
Luglio	101	41	65	207
Agosto	41	30	58	129
Settembre	558	74	62	693
Ottobre	877	89	58	1.024
Novembre	634	77	54	765
Dicembre	716	105	126	947
Totale	7.535	1.035	1.124	9.694

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti ricorrenti e seguono in modo adeguato i periodi di utilizzo ed apertura della struttura.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

L'esito della DE deve inoltre consentire la valutazione del fabbisogno energetico caratteristico del sistema edificio-impianto ed individuare gli indicatori specifici di performance energetica ed ambientale caratteristici della prestazione energetica dell'edificio, rispetto ai consumi energetici reali.

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

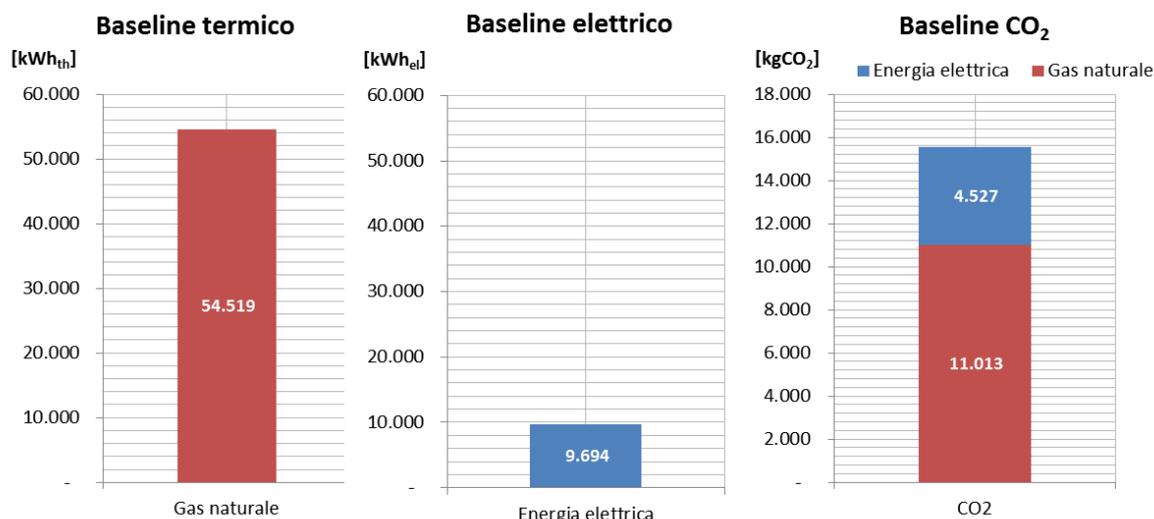
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

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

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gas naturale	54.519	0,202	11.013
Energia elettrica	9.694	0,467	4.527

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

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

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

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	866	m ²
FATTORE 2	Volume netto riscaldata	2.596	m ³
FATTORE 3	Volume lordo riscaldata	3.470	m ³

Nella Tabella 5.13 e

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

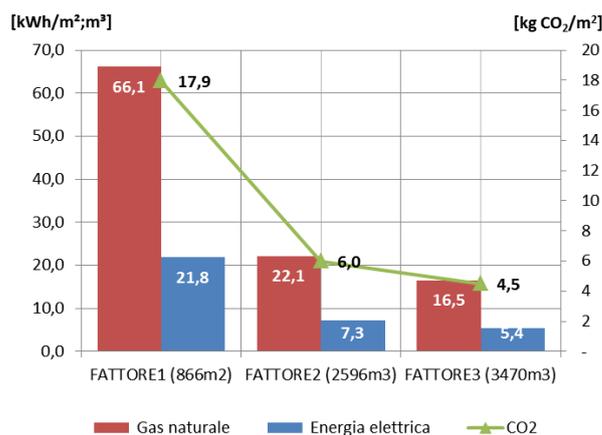
Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE NE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]

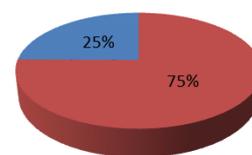
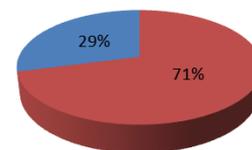
Gas									
Metano	54.519	1,05	57.245	66,1	22,1	16,5	12,72	4,24	3,17
Energia elettrica	9.694	2,42	23.459	27,1	9,0	6,8	5,23	1,74	1,30
TOTALE			80.704	93	31	23	18	6	4

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ²]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ²]
Gas									
Metano	54.519	1,05	57.245	66,1	22,1	16,5	12,72	4,24	3,17
Energia elettrica	9.694	1,95	18.903	21,8	7,3	5,4	5,23	1,74	1,30
TOTALE			76.148	88	29	22	18	6	4

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	11,7	10,2	12,8	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	10,0	8,5	11,3

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo relativamente ad IEN_R dei valori circa allineati nel periodo considerato, il giudizio passa da sufficiente nel 2014 per passare a buono nel 2015 e tornare a sufficiente nel 2016. Anche IEN_E subisce variazioni nel triennio considerato, oscillando tra il giudizio di insufficiente e sufficiente.

Per la sintesi ed il confronto di tutti gli indicatori di performance energetici ed ambientali degli edifici del Lotto 1, si rimanda all'Allegato M – Report di Benchmark allegato alla presente diagnosi energetica.

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	EP _{gl}	kWh/mq anno	160,60	150,88
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	113,78	113,13
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,02	0,01
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	46,81	37,72
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	32	32

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Smc] – [kWh]	[kWh/anno]
Gas Metano	9.675	91.173
Energia Elettrica	18.694	36.453

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWh/el]
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)	$E_T + E_{altro}^{(7)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (7) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor ipotizzando un profilo di consumi annuali di utilizzo delle attrezzature della cucina.

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 il reale funzionamento degli edifici serviti dalla medesima centrale termica, ognuno con il proprio orario di accensione e spegnimento degli impianti ed inserendo nel modello tutti i dati tecnici rilevati in sede di sopralluogo.

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	EP_g	kWh/mq anno	93,29	88,34
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	69,44	69,44

Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0	0
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	23,46	18,90
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	18	18

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. I valori di EP globali sopra riportati di scostano di una piccola percentuale rispetto agli EP calcolati dai dati di consumo e baseline individuati, pertanto risultano coerenti.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Smc] – [kWh]	[kWh/anno]
Gas Naturale	5.937	55.939
Energia Elettrica	9.893	19.291

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]	[%]
55.939	54.519	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]	[%]
9.893	9.694	2%

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

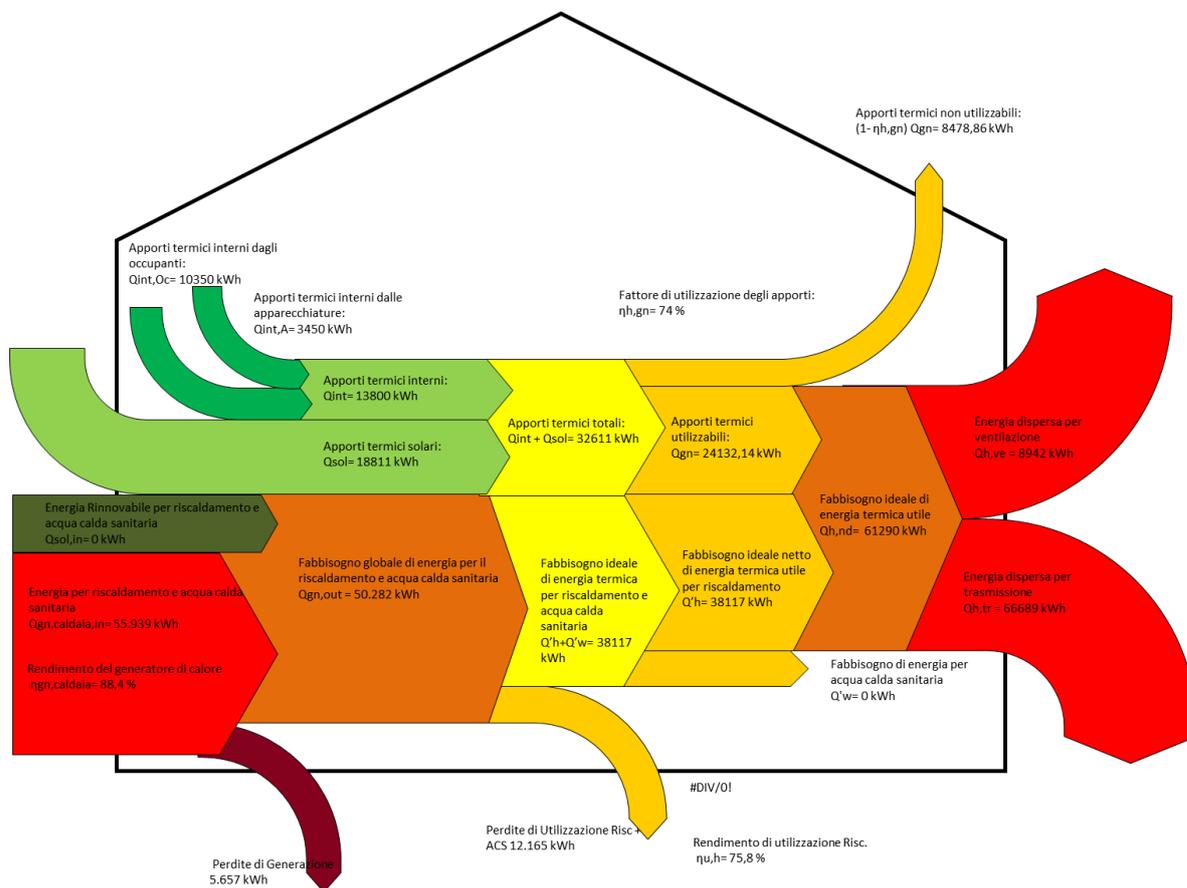
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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.

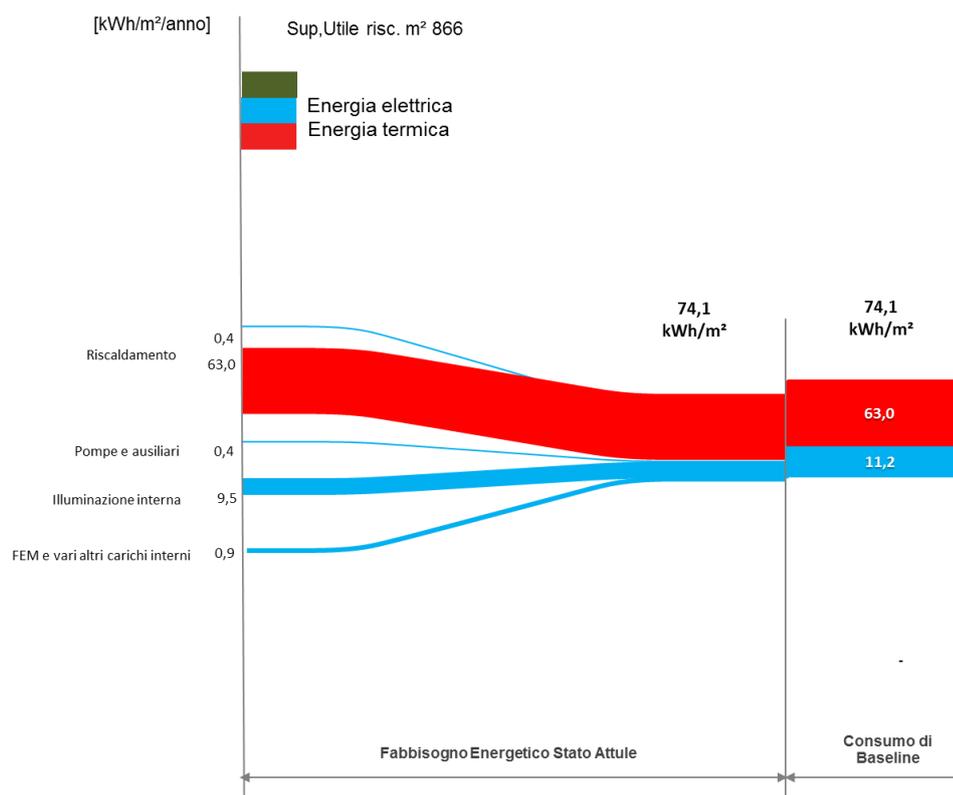
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che la maggior parte di energia termica è dispersa per trasmissione e non si ha il contributo di energia rinnovabile in ingresso all'edificio.

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

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



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

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

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

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

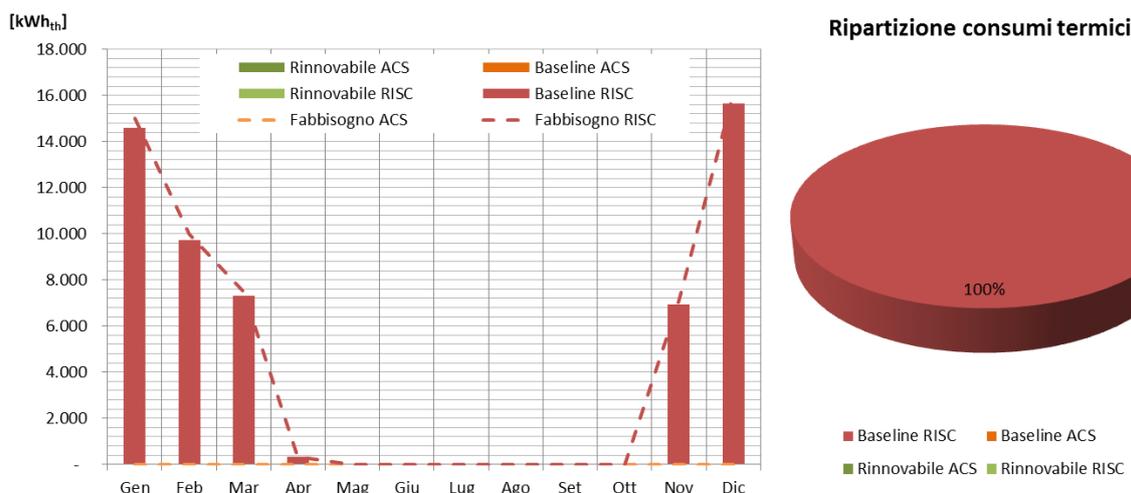
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che non si ha un contributo di energia rinnovabile e che il consumo maggiore di energia termica è a carico del servizio di riscaldamento, mentre la maggioranza del consumo elettrico è a carico dell'illuminazione dell'edificio.

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



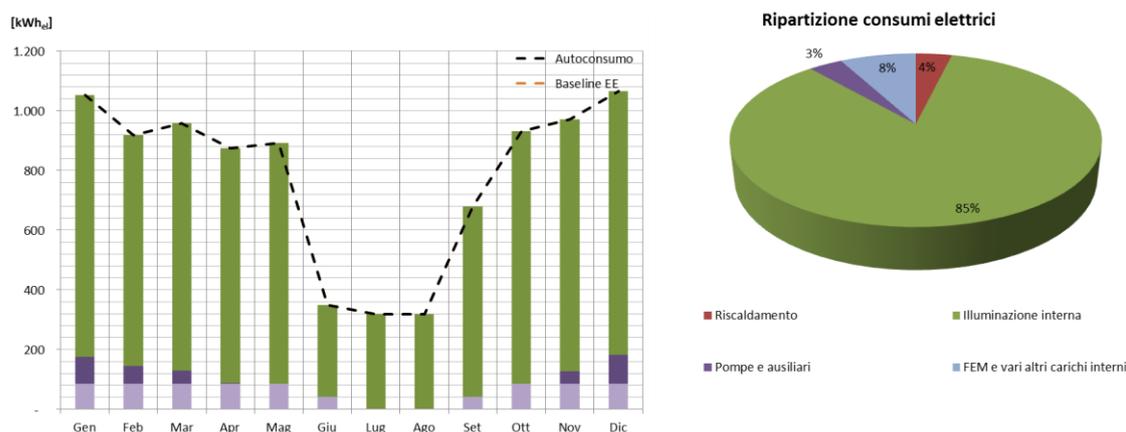
Si può notare come tutti i consumi termici sono da attribuirsi quasi esclusivamente al servizio di riscaldamento invernale degli ambienti. Inoltre è possibile individuare che non sono presenti contributi di energia rinnovabile per riscaldamento invernale.

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 al sistema di illuminazione interna, seguito da FEM. La componente FEM è stata calcolata in base a delle potenze elettriche stimate per le attrezzature rilevate in sede di sopralluogo ed ipotizzando un profilo di funzionamento annuale. Per il dettaglio dei calcoli si rimanda ai contenuti dell’Allegato B – Elaborati.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite due diversi contatori:

- il PDR1 – 03270024522202- che prevede un contratto di O&M > 35 kW stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo solo della conduzione e manutenzione degli impianti termici e non della fornitura del vettore energetico. E' quindi stato possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture sono a disposizione della PA.

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

PDR1 – 03270024522202	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	IREN	1 -IREN 2- ENI	1- ENI 2- ENERGETIC
Inizio periodo fornitura	Precedente	Cambio fornitura a luglio 2015	Cambio fornitura da maggio 2016
Fine periodo fornitura	-	1- giugno 2015	1-maggio 2016
Classe del contatore	G10	G10	G10
Tipologia di contratto	ND	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO
Opzione tariffaria	ND	1- PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO 2 – CONSIP 7 GAS	1 – CONSIP 7 GAS 2- PUNTO DI RICONSEGNA PER USI DIVERSI
Valore del coefficiente correttivo dei consumi		1,023	1,023
Prezzi della fornitura del combustibile (IVA ESCLUSA) ⁽⁸⁾	0,038 €/kWh	0,042 €/kWh	0,022 €/kWh

Nota (8): 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.

Nelle Tabella 7.2 si riportano l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento fornito, suddiviso nelle varie componenti, ricostruito in base ai costi medi unitari per il gas metano del 2014 reperiti sul sito ARERA e per il 2015 e 2016 dalle fatture vere e proprie.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento per il PDR1 03270024522202.

PDR: 03270024522202	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	432	27	164	188	178	989	10.934	0,090
Feb - 14	429	27	163	186	177	982	10.852	0,090
Mar - 14	323	20	123	141	133	740	8.183	0,090
Apr - 14	91	6	38	43	39	217	2.497	0,087
Mag - 14	-	-	-	-	-	-	-	-

Giu - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Lug - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Ago - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Set - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Ott - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Nov - 14	257	13	92	164	116	643	7.276	0,088
Dic - 14	302	16	108	192	136	754	8.527	0,088
Totale	1.834	109	688	913	780	4.324	48.268	0,090
PDR: 03270024522202	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	551	24	191	238	205	1.210	12.119	0,100
Feb - 15	488	22	169	237	187	1.102	10.723	0,103
Mar - 15	399	24	137	197	155	912	8.776	0,104
Apr - 15	128	24	52	96	66	365	4.248	0,086
Mag - 15	0	24	0	0	5	30	9	3,173
Giu - 15		24		-	5	29	-	-
Lug - 15		24		-	5	29	-	-
Ago - 15	0	24	0	0	5	30	9	3,172
Set - 15	14	24	6	11	12	66	471	0,139
Ott - 15	28	24	4	22	17	95	961	0,098
Nov - 15	23	24	17	18	18	101	801	0,126
Dic - 15	117	24	39	90	59	329	3.994	0,082
Totale	1.748	286	615	908	740	4.297	42.112	0,102
PDR: 03270024522202	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	280	28	127	199	109	743	12.114	0,061
Feb - 16	332	28	151	265	171	946	9.090	0,104
Mar - 16	249	28	112	204	130	724	3.646	0,198
Apr - 16	77	27	46	82	51	283	57	5,016
Mag - 16	1	27	1	1	7	37	9	3,889
Giu - 16	0	27	0	0	6	33	19	1,773
Lug - 16	0	27	0	0	6	34	9	3,618
Ago - 16	0	27	0	0	6	33	9	3,546
Set - 16	0	27	0	0	6	33	1.535	0,022
Ott - 16	38	27	18	35	26	144	8.337	0,017
Nov - 16	208	27	80	187	111	613	7.772	0,079
Dic - 16	194	27	71	175	103	569	20.539	0,028

Totale	1.381	325	606	1.149	731	4.192	63.136	0,066
---------------	--------------	------------	------------	--------------	------------	--------------	---------------	--------------

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti da ARERA. I grafici presentano dei punti di forte scostamento rispetto alla media in quanto sono sintomatici di mesi di fatturazione in cui non erano presenti consumi ma solo la componente degli oneri di sistema fissi.

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

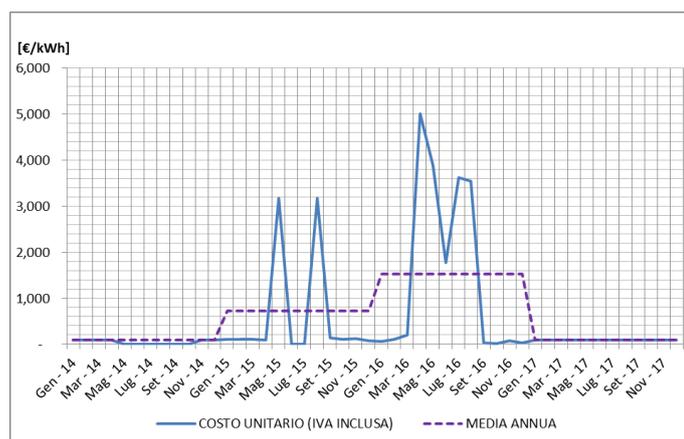
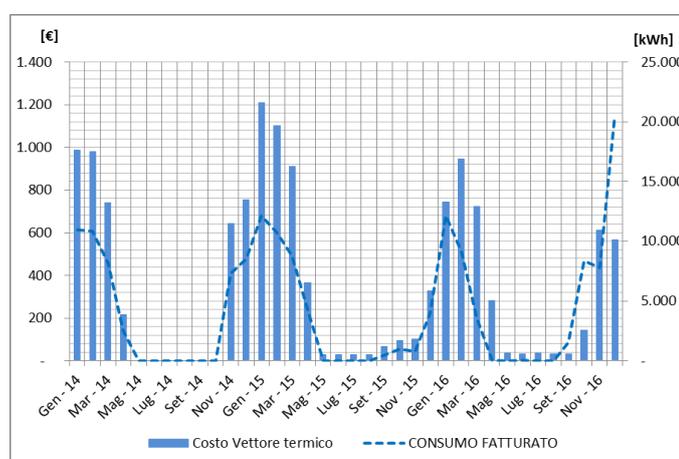


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E0098020 – a servizio della Scuola Media “G. Serra”

Il contratto di fornitura del vettore energetico è 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.

Esiste un ulteriore contatore posizionato al piano terra per la misurazione dei consumi elettrici della palestra e dei locali ad uso dell'Associazione Culturale, non considerato ai fini della presente diagnosi in quanto i consumi non sono imputabili alla PA.

Nelle seguenti tabelle si riportano le principali caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento del POD in elenco.

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento – POD 1

POD 1 – IT001E00098020	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	1- EDISON ENERGIA SPA 2- GALA	1- GALA 2- IREN SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN DA GIUGNO 2016
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA APRILE 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA DA MAGGIO 2016
Potenza elettrica impegnata	10 kW	10 kW	10 kW
Potenza elettrica disponibile	11 kW	11 kW	11 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	1 - Forniture in BT (Escluso IP) - 2 - CONSIP EE12 – Lotto2	1 - CONSIP EE12 – Lotto2 2- CONSIP 13 VERDE – L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA ESCLUSA) ⁽⁹⁾	0,094 €/kWh	0,067 €/kWh	0,068 €/kWh

Nota (9): 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.

Nelle seguenti tabelle si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti, per il POD analizzato.

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento – POD 1

POD: IT001E00098020	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	118	42	96	16	27	298	1.276	0,234
Feb - 14	105	42	85	14	25	271	1.133	0,239
Mar - 14	104	42	83	14	24	267	1.108	0,241
Apr - 14	87	42	70	11	21	231	899	0,257
Mag - 14	102	33	84	13	23	255	1.077	0,237
Giu - 14	32	25	26	4	9	95	333	0,286
Lug - 14	19	42	16	2	8	86	199	0,434
Ago - 14	5	42	4	1	5	57	57	1,002
Set - 14	71	42	58	9	18	199	746	0,266
Ott - 14	90	42	77	12	22	242	956	0,254
Nov - 14	89	42	77	12	22	243	963	0,252
Dic - 14	91	42	80	12	22	247	994	0,249
Totale	911	477	756	122	227	2.492	9.741	0,256

POD: IT001E00098020	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	96,96	42,78	92,69	13,99	24,64	271	1.119	0,242
Feb - 15	101,65	42,78	100,46	15,16	26,01	286	1.213	0,236
Mar - 15	100,01	42,78	102,63	15,49	26,09	287	1.239	0,232
Apr - 15	57,40	43,10	83,98	12,56	19,70	217	1.005	0,216
Mag - 15	54,75	43,10	82,25	12,30	19,24	212	984	0,215
Giu - 15	17,01	43,10	26,08	3,90	9,01	99	312	0,318
Lug - 15	3,97	43,46	6,50	0,95	5,49	60	76	0,794
Ago - 15	1,76	43,46	2,71	0,40	4,83	53	32	1,661
Set - 15	27,75	43,46	52,61	7,69	13,15	145	615	0,235
Ott - 15	46,32	43,89	97,59	13,69	20,15	222	1.095	0,202
Nov - 15	0,84	43,89	1,77	0,25	4,68	51	20	2,571
Dic - 15	45,68	43,89	51,26	7,19	14,80	163	575	0,283
Totale	554	520	701	104	188	2.066	8.285	0,249
POD: IT001E00098020	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	41,11	41,83	47,81	7,18	13,79	152	574	0,264
Feb - 16	68,45	41,83	100,65	15,11	22,60	249	1.209	0,206
Mar - 16	69,45	41,83	109,99	16,51	23,78	262	1.321	0,198
Apr - 16	67,81	41,83	107,77	16,15	23,36	257	1.292	0,199
Mag - 16	64,25	41,83	94,59	14,18	21,48	236	1.134	0,208
Giu - 16	32,89	41,83	46,54	6,98	12,82	141	558	0,253
Lug - 16	23,97	41,83	28,75	4,31	9,89	109	345	0,315
Ago - 16	18,66	41,83	24,74	3,71	8,89	98	297	0,329
Set - 16	52,41	41,83	59,91	8,99	16,31	179	719	0,250
Ott - 16	84,01	41,83	85,86	12,76	22,45	247	1.021	0,242
Nov - 16	119,51	41,83	110,33	16,40	28,81	317	1.312	0,242
Dic - 16	107,51	41,83	107,05	15,91	27,23	300	1.273	0,235
Totale	750	502	924	138	231	2.546	11.055	0,230

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento. Come accade per il vettore termico, anche nel caso dell'energia elettrica si verificano dei picchi in alcuni mesi dell'anno, soprattutto nel periodo estivo in cui i consumi della struttura si abbassano e rimane nella bolletta una significativa quota fissa negli oneri di sistema che fa in modo che il costo unitario in €/kWh sia superiore rispetto al valore medio.

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

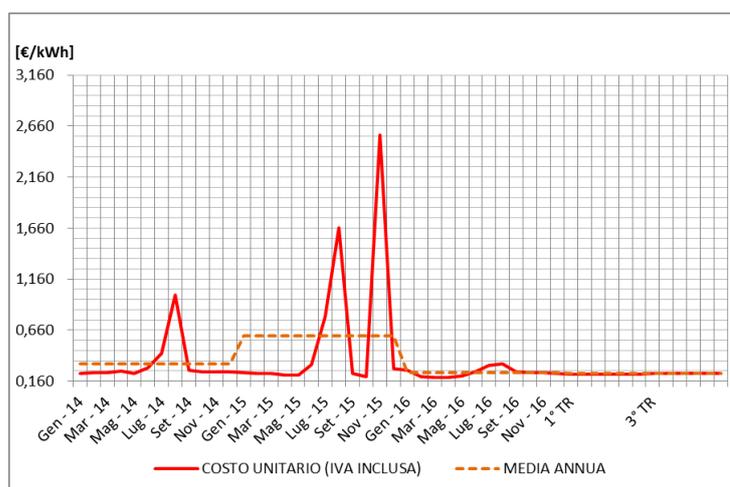
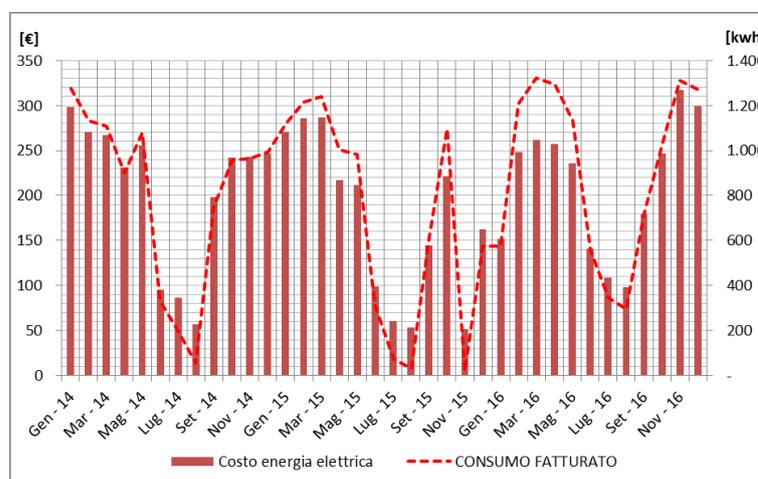


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

Nella Tabella 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati. I costi unitari sono IVA compresa.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori riportati nella Tabella 7.6 ricavati nel seguente modo:

- Il costo unitario del gas naturale è stato calcolato a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di maggior tutela per l'anno 2017, considerando i valori trimestrali di costo indicati per la Regione Liguria, riferiti ai "condomini uso domestico".

Cu_Q è stato ottenuto apportando una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela, in funzione del consumo annuo e della classe del contatore per i PDR in esame, ciò al fine di riportare tali valori a condizioni simili a quelle del mercato libero a cui aderisce la Pubblica Amministrazione.

- Analogamente il costo unitario per l'energia elettrica è stato calcolato a partire dai costi trimestrali forniti da ARERA per il servizio di maggior tutela, riferiti al 2017 per "clienti non domestici".

Il costo unitario così ricavato, è stato confrontato con il costo unitario ricavato dalla fatturazione per l'anno 2016. Poiché quest'ultimo risulta minore del Cu_{EE} di ARERA, è stata applicata una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di

maggior tutela in funzione della potenza disponibile e della potenza impegnata per i POD in esame.

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	48268	€ 4.323,90	€ 0,09	9741	€ 2.492,18	€ 0,26	€ 6.816,09
2015	42112	€ 4.297,17	€ 0,10	8285	€ 2.065,67	€ 0,25	€ 6.362,84
2016	52837	€ 4.192,40	€ 0,08	11055	€ 2.545,58	€ 0,23	€ 6.737,98
Media	47739	€ 4.271,16	€ 0,09	9694	€ 2.367,81	€ 0,25	€ 6.638,97

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0,087 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,233 [€/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:

- L1-042-221: servizio O&M > 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 2.839 €.

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 come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E1645. In questo caso i costi della manutenzione (C_M) sono stimati come segue:

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o 2.556	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s 284	[€/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. In questo caso la spesa relativa alla componente gas metano è inserita all'interno della componente O&M.

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:

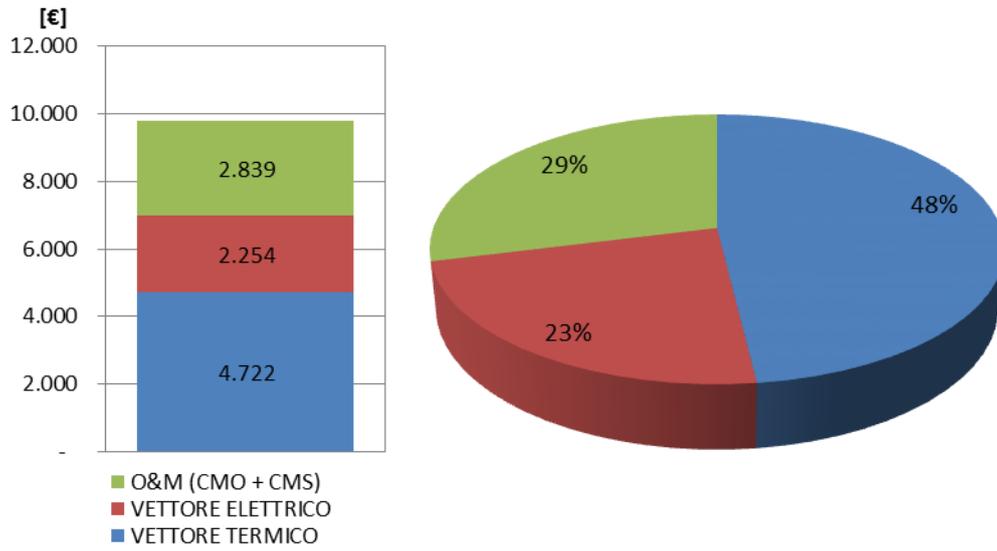
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 2.254 e un C_{baseline} pari a € 9.815.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
54.519	0,087	4.722	9.694	0,233	2.254	2.839	2.556	284	9.815

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

Dalle simulazioni energetiche eseguite sull'edificio non è risultato fattibile dal punto di vista della sostenibilità economica alcun intervento sull'involucro edilizio, nonostante i buoni risultati tecnici in termini di risparmio energetico.

8.1.2 Impianto riscaldamento

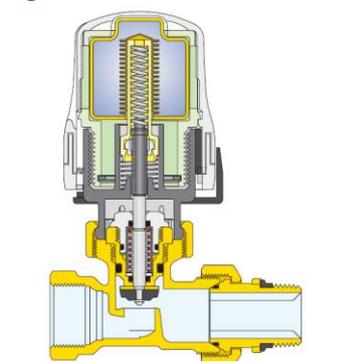
EEM1: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Generalità

Le valvole termostatiche sono un semplice dispositivo capace di regolare il flusso di un fluido grazie alla loro sensibilità alle variazioni di temperatura. Negli impianti di riscaldamento vengono montate sui radiatori per regolare il flusso d'acqua in base alla temperatura richiesta dall'ambiente allo scopo di evitare sprechi e migliorare il comfort, stabilizzando la temperatura a livelli diversi nei locali a seconda delle necessità. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono significativi risparmi energetici.

Al fine di ottimizzare la rete di distribuzione dell'impianto di riscaldamento, l'installazione delle valvole termostatiche viene integrata con l'installazione di un'elettropompa di circolazione a giri variabili. In questo modo, all'interno dell'impianto, al variare delle cadute di pressione determinate dal grado di apertura delle valvole termostatiche, fluisce una portata di acqua calda il più vicino possibile al valore di progetto.

Figura 8.1 – Valvola termostatica



Caratteristiche funzionali e tecniche

Nel presente intervento si prevede l'installazione di una tecnologia di gestione e controllo automatico dell'impianto termico (sistema di *building automation*). Il sistema è infatti composto da

- valvole termostatiche programmabili singolarmente su due livelli di set-point di temperatura giornalieri, con controllo PID e regolazione variabile con intervalli da 0,5°C
- centralina di controllo che gestisce le valvole ad essa connesse attraverso una comunicazione senza fili e consente la regolazione del riscaldamento nei singoli locali da un unico punto di controllo, anche attraverso una applicazione per dispositivi mobili
- relè di caldaia per l'accensione e lo spegnimento del generatore di calore in funzione della richiesta termica dell'edificio

a cui si aggiunge l'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili da installare in centrale

Figura 8.2 – Particolari sistema building automation



termica in sostituzione di quella già presente a velocità di rotazione fissa.

Con tale sistema è possibile eseguire una regolazione sufficientemente fine (regolazione per locale) anche su sistemi costituiti da un singolo circuito di distribuzione che serve zone termiche e locali con necessità di temperatura e di occupazione diverse, senza intervenire pesantemente sull'impianto idraulico, raggiungendo ottimi risultati sia nel comfort che nel risparmio energetico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato. Essendo le valvole termostatiche installate sui radiatori esposte a manomissione si consiglia di schermare i dispositivi con opportune protezioni. Occorre verificare preliminarmente i luoghi più adatti per l'installazione delle centraline di controllo, le quali devono essere programmate e gestite solo da personale autorizzato. Il sistema deve essere programmato il più vicino possibile alle reali esigenze di richiesta termica dei locali in cui vengono installate le valvole. Inoltre devono essere periodicamente controllate, al fine di valutarne il corretto funzionamento, la corretta programmazione o l'eventuale sostituzione delle batterie di alimentazione.

Prestazioni raggiungibili

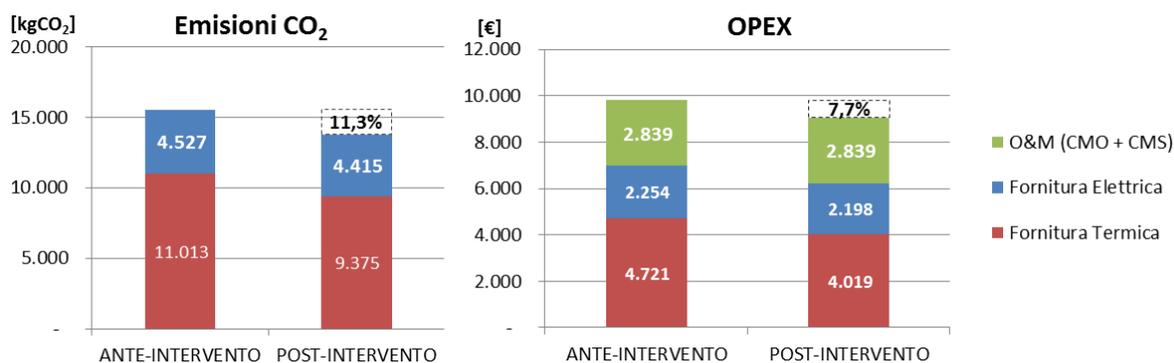
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.3.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	80,9	98	-21,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	55.939	47.619	14,9%
$EE_{teorico}$	[kWh]	9.893	9.647	2,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	54.519	46.410	14,9%
$EE_{baseline}$	[kWh]	9.694	9.453	2,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.013	9.375	14,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.527	4.415	2,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.540	13.789	11,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	4.721	4.019	14,9%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.254	2.198	2,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.975	6.217	10,9%
C_{MO}	[€]	2.556	2.556	0,0%
C_{MS}	[€]	284	284	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	2.839	2.839	0,0%
OPEX	[€]	9.815	9.057	7,7%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 CLASSE

Nota (10) 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: 0,087 [€/kWh] per il vettore termico e 0,233 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM2: Sostituzione del generatore di calore

Generalità

L'attuale generatore di calore è a basamento, di tipo tradizionale alimentato a gas metano. Si propone la sostituzione dell'attuale generatore di calore con una nuova caldaia a condensazione con bruciatore modulante dotato di certificazione Classe di rendimento 4 Stelle secondo dir. CEE 92/42 e D.P.R. 660, e parallelamente la conversione a gas metano dell'intera centrale termica.

L'intervento di ristrutturazione dell'impianto termico prevede l'installazione di una caldaia a condensazione modulante che permetterà un migliore adattamento della potenza in funzione del carico richiesto, e consentirà anche di servire i circuiti a bassa temperatura ottimizzando la temperatura di mandata dell'acqua in funzione delle condizioni climatiche esterne e del carico effettivo.

Parallelamente si migliora anche il sistema di regolazione della centrale termica e dei singoli locali, mediante la regolazione della temperatura di mandata del circuito di riscaldamento collegata ad una sonda climatica e valvole termostatiche sui terminali di emissione di calore.

Il risparmio energetico deriva sia dalla migliore efficienza di combustione del nuovo generatore di calore, sia dalla migliore regolazione della temperatura ambiente e della distribuzione; con maggiore sicurezza ed affidabilità del sistema, con minori emissioni inquinanti in ambiente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento in oggetto si propone di ristrutturare l'impianto termico agendo su tre aspetti principali:

- sostituire la caldaia a alimentata a gas metano esistente di tipo tradizionale a basamento con un generatore a condensazione di ultima generazione, correttamente dimensionato in funzione delle effettive dispersioni termiche ed esigenze dell'edificio
- sostituire la pompa di alimentazione del circuito del riscaldamento con una adeguata pompa gemellare a giri variabili
- installare le valvole termostatiche esistenti sui terminali di emissione del calore.

Occorre inoltre verificare che il rendimento del nuovo generatore di calore a condensazione rispetti i requisiti minimi per l'accesso all'incentivo da Conto Termico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato, occorre verificare preventivamente gli spazi di installazione in relazione agli ingombri delle nuove caldaie; verificare l'idoneità del condotto di evacuazione fumi; verificare la necessità di garantire una continuità di servizio all'edificio in fase di sostituzione. Verificare la presenza dell'addolcitore e che questo sia operativo. Verificare, in funzione della potenza installata, la necessità di installare un neutralizzatore di condensa (norma UNI 11071/2003).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

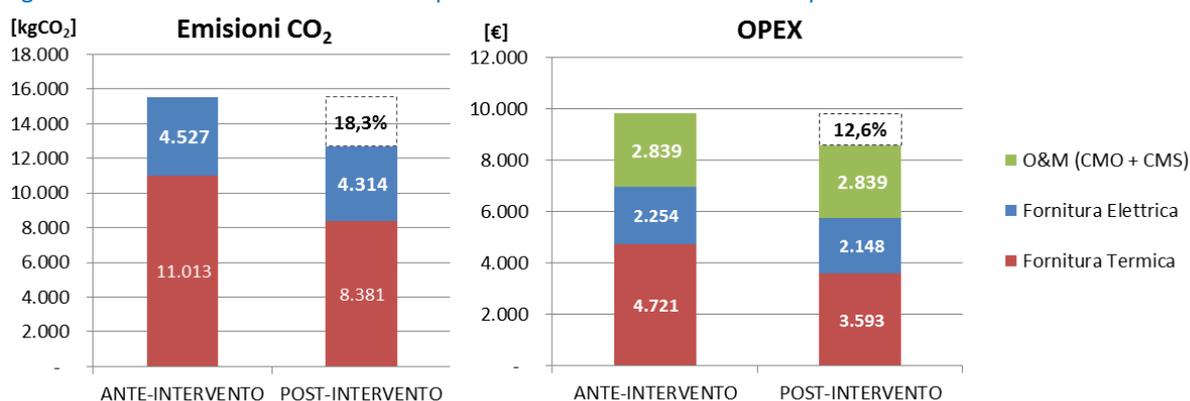
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generatore di calore	[%]	80,9	98	-21,1%
Q _{teorico}	[kWh]	88,4	100	-13,1%
EE _{teorico}	[kWh]	55.939	42.571	23,9%
Q _{baseline}	[kWh]	9.893	9.428	4,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	54.519	41.490	23,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	9.694	9.238	4,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	11.013	8.381	23,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	4.527	4.314	4,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	15.540	12.695	18,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.721	3.593	23,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	2.254	2.148	4,7%
C _{MO}	[€]	6.975	5.741	17,7%
C _{MS}	[€]	2.556	2.556	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	284	284	0,0%
OPEX	[€]	2.839	2.839	0,0%
Classe energetica	[-]	9.815	8.581	12,6%

Nota (11) 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: 0,087 [€/kWh] per il vettore termico e 0,233 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.3 Impianto di produzione ACS

Non sono stati proposti interventi migliorativi relativi all'impianto di produzione di ACS non presente alcun impianto di produzione di ACS dedicato alla Scuola Media "G. Serra".

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

Generalità

Il presente capitolo illustra la proposta di sostituire i corpi illuminanti presenti all'interno dei locali costituenti l'edificio con nuovi corpi illuminanti LED di nuova generazione ad alta efficienza.

Attualmente all'interno dell'edificio nella maggior parte dei locali sono installate lampade fluorescenti di vecchia generazione tipo T8 con reattori ferromagnetici di varia potenza.

Ad un maggior costo iniziale per un determinato tipo di lampada, corrisponde un minor costo di gestione, dovuto a minori consumi e a una vita più lunga, una lampada LED ha infatti un'efficienza maggiore rispetto ad una tradizionale T8. Solo al piano quarto è stato fatto un intervento di efficientamento energetico mediante installazione di sensori di presenza nelle aule e nei corridoi.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I corpi illuminanti presenti sono di 5 tipologie principali che nel progetto di efficientamento dei corpi illuminanti han trovato le corrispondenze riporta nella seguente tabella.

Tabella 8.3 – Sostituzione corpi illuminanti

Potenza [W]	Tipologia	Corrispondenza LED [W]
1X36	Fluo T8	16
4X36	Fluo T8	4x16
2x58	Fluo T8	2x24
4x18	Fluo T8	4x10
1x18	Fluo T8	1x10

Descrizione dei lavori

Verificare la compatibilità con la tipologia di lampadari presenti, sia a livello di potenza richiesta che di resa cromatica, oltre che le caratteristiche dimensionali delle sorgenti luminose

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.5.

Nonostante l'efficacia dell'intervento non è stato possibile ottenere un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

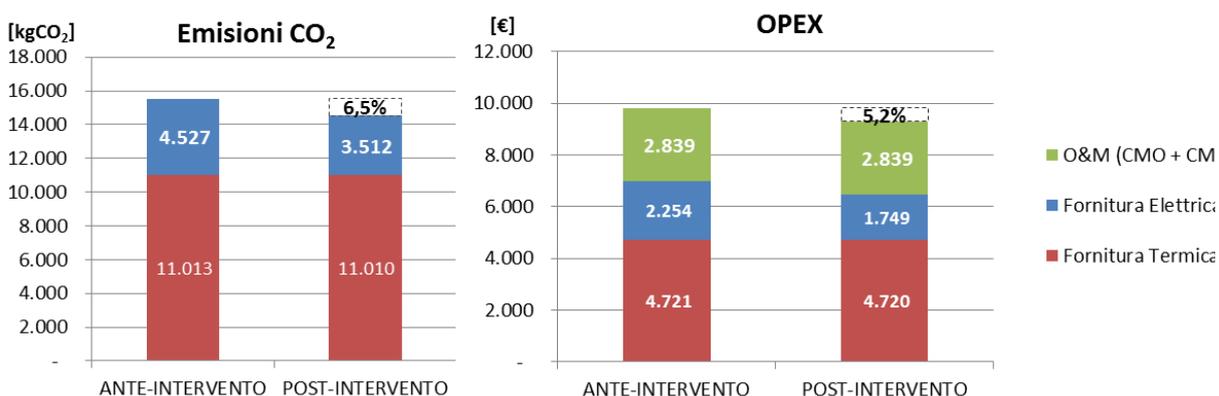
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	6640	3424	48,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	55.939	55.926	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	9.893	7.675	22,4%
$Q_{baseline}$	[kWh]	54.519	54.507	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	9.694	7.521	22,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.013	11.010	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.527	3.512	22,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.540	14.522	6,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.721	4.720	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.254	1.749	22,4%

Fornitura Energia, C_e	[€]	6.975	6.469	7,3%
C _{MO}	[€]	2.556	2.556	0,0%
C _{MS}	[€]	284	284	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.839	2.839	0,0%
OPEX	[€]	9.815	9.308	5,2%
Classe energetica	[-]	F	G	-1 CLASSE

Nota (12) 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: 0,087 [€/kWh] per il vettore termico e 0,233 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.5 – EEM3: 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: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'installazione di pompe gemellari ad inverter sul circuito dedicato al servizio di riscaldamento dell'edificio e valvole termostatiche per la regolazione ambiente della temperatura. L'IVA è stata considerata pari al 22%. La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati pari al 40% dell'importo totale dell'intervento, dato l'importo iniziale inferiore ai 50000 € e il costo unitario inferiore ai 25 €/m².

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	46	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 1.481	22%	€ 1.807

PR.C47.H10.135	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.999,95	€ 2.727,23	€ 2.727	22%	€ 3.327
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 46	22%	€ 56
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	€ 22,69	€ 20,63	€ 21	22%	€ 25
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133	22%	€ 163
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	18	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 531	22%	€ 648
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 148	22%	€ 181
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 346	22%	€ 422
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 5.433	22%	€ 6.629
Incentivi	[Conto termico]								€ 2.651
Durata incentivi									€ 1
Incentivo annuo									€ 2.651

EEM2: Sostituzione del generatore di calore

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione del generatore di calore esistente alimentato a gasolio con un generatore di calore a condensazione alimentato a gas metano. L'importo non comprende gli oneri di allacciamento e scavo per il collegamento alla rete locale del gas metano.

L'IVA è stata considerata pari al 22%.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0. Dato che il costo unitario supera il costo massimo ammissibile (130 €/kW), l'incentivo è calcolato come il 40% del costo massimo moltiplicato per la potenza termica della caldaia, ossia pari a 4420 €.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione del generatore di calore

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
PR.C76.B10.005	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: 113 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 7.969,50	€ 7.245,00	€ 7.245	22%	€ 8.839
PR.C84.C05.490	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 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 134,09	€ 121,90	€ 122	22%	€ 149
40.C10.B10.110	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 fino a 100 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 239,08	€ 217,35	€ 217	22%	€ 265
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 38	22%	€ 47
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 26	22%	€ 32
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 110	22%	€ 134
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27	22%	€ 33

PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133	22%	€ 163
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 70	22%	€ 85
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	46	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 1.481	22%	€ 1.807
PR.C47.H10.135	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.999,95	€ 2.727,23	€ 2.727	22%	€ 3.327
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 46	22%	€ 56
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	€ 22,69	€ 20,63	€ 21	22%	€ 25
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133	22%	€ 163
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	18	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 531	22%	€ 648
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	20	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 626	22%	€ 763
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.159	22%	€ 1.414
20.A15.B10.015	Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	10	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 43	22%	€ 52
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 443	22%	€ 540

Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	22%	€
				1.033		1.260
TOTALE (I₀ – EEM1)				€	22%	€
				16.231		19.801
Incentivi	[Conto termico]					€
						4.420
Durata incentivi						€
						1
Incentivo annuo						€
						4.420

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati pari al 40% dell'importo totale dell'intervento, dato l'importo iniziale inferiore ai 70000 € e il costo unitario inferiore ai 35 €/m².

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO		PREZZO UNITARIO		TOTALE	TOTALE
					PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)	
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]	
1E.06.060.0210.a	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 600 mm - flusso luminoso 825 lm potenza 10W	Prezzario Milano	240	cad	€ 23,61	€ 21,46	€ 5.151	22%	€ 6.285	
1E.06.060.0210.c	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w	Prezzario Milano	58	cad	€ 34,69	€ 31,54	€ 1.829	22%	€ 2.232	
1E.06.060.0210.d	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 1500 mm - flusso luminoso 2065 lm potenza 24 w	Prezzario Milano	4	cad	€ 45,33	€ 41,21	€ 165	122%	€ 201	
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 214	22%	€ 262	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 500	22%	€ 610	
	TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 7.860	22%	€ 9.589	

Incentivi	[Conto termico]	€
		3.836
Durata incentivi		€ 5
Incentivo annuo		€ 767

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: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

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

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	6.629
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	530
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	8,6	4,8

Tempo di rientro attualizzato	TRA	10,8	6,0
Valore attuale netto	VAN	1.413	3.774
Tasso interno di rendimento	TIR	7,2%	13,6%
Indice di profitto	IP	0,21	0,57

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

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

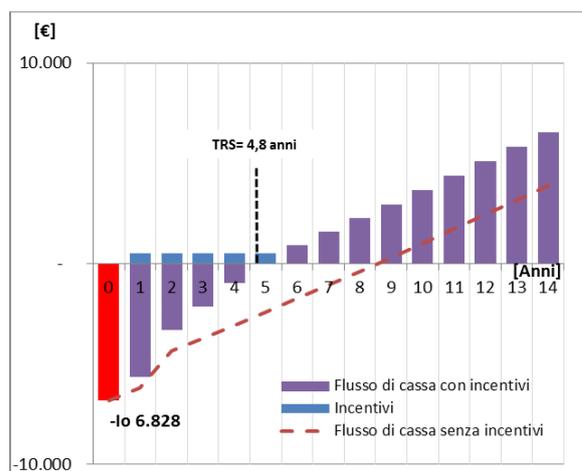
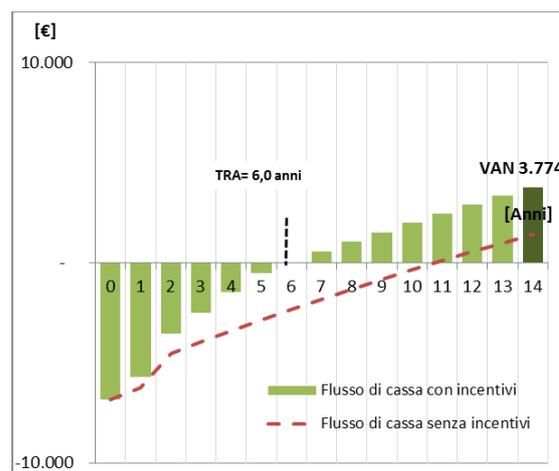


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 9 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 15 anni, che si accorcia a meno di 5 anni con l'incentivo da Conto Termico.

EEM2: Sostituzione del generatore di calore

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2 – Sostituzione del generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	19.801
Oneri Finanziari %Io	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	4.420
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	16,0	11,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,5	16,0
Valore attuale netto	VAN	- 5.479	- 1.229

Tasso interno di rendimento	TIR	-1,0%	2,7%
Indice di profitto	IP	-0,28	-0,06

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.3 e Figura 9.4.

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

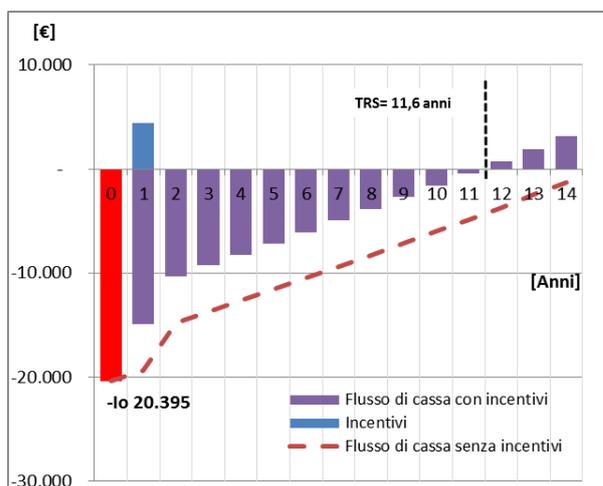
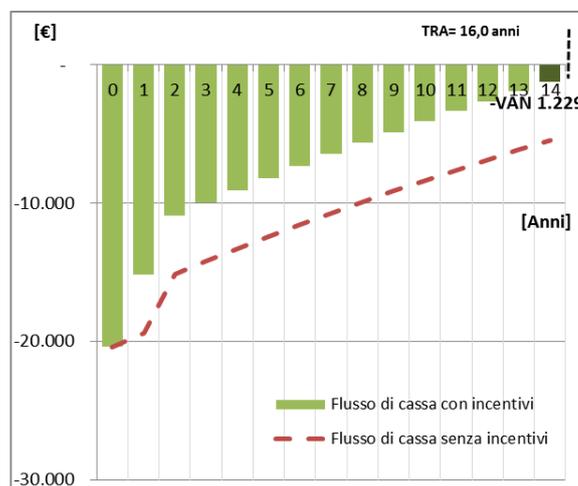


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di 16 anni, su un tempo di vita utile dell'intervento stimato essere di 15 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 12, rendendo conveniente l'EEM2.

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3–Sostituzione corpi illuminanti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	9.589
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	767
Durata incentivo	n_b	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	18,3	9,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	23,3	15,1
Valore attuale netto	VAN	- 3.513	- 97
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,9%	3,8%

Indice di profitto

IP

-0,37

-0,01

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

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

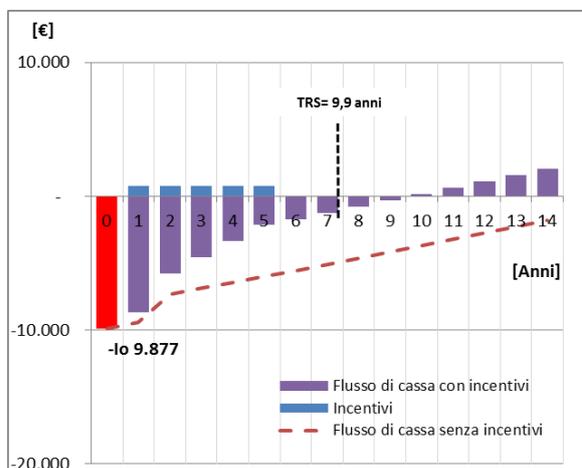
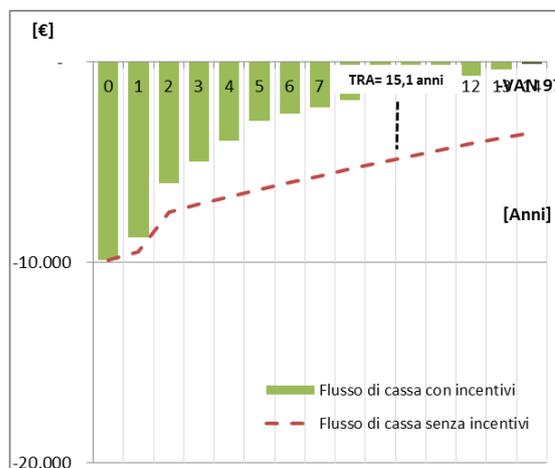


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è superiore ai 15, ma con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 10, rendendo conveniente l'EEM3.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.7 e Tabella 9.8.

Tabella 9.7 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔCE [€/y]	ΔCMO [€/y]	ΔCMS [€/y]	IO [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	10,87%	11,27%	€ 758,28	€ -	€ -	€ 6.629,00	8,6	10,8	15	€ 1.413,01	7,24%	0,21
EEM2	17,69%	18,31%	€ 1.234,25	€ -	€ -	€ 19.801,00	16,0	20,5	15	-€ 5.479,12	-0,99%	-0,28
EEM3	7,26%	6,55%	€ 506,41	€ -	€ -	€ 9.589,00	18,3	23,3	15	-€ 3.512,51	-2,91%	-0,37

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

- % ΔE è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % ΔCO_2 è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔCE è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔCMO 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;

- Δ_{CMS} 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 9.8 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% ΔE	% Δ_{CO2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	10,87%	11,27%	€ 758,28	€ -	€ -	€ 6.629,00	4,8	6,0	15	€ 3.773,90	13,62%	0,57
EEM2	17,69%	18,31%	€ 1.234,25	€ -	€ -	€ 19.801,00	11,6	16,0	15	-€ 1.229,12	2,70%	-0,06
EEM3	7,26%	6,55%	€ 506,41	€ -	€ -	€ 9.589,00	9,9	15,1	15	-€ 97,42	3,79%	-0,01

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

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

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

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

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

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 I₀
- E è l'Equity, pari a 20% di I₀
- $\frac{D}{D+E}$ 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: SCN1** – Tale scenario consiste nell'installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore, la sostituzione dei corpi illuminanti, oltre che l'intervento previsto nello SCN1.

9.3.1 Scenario 1: <15 ANNI

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

- Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili.

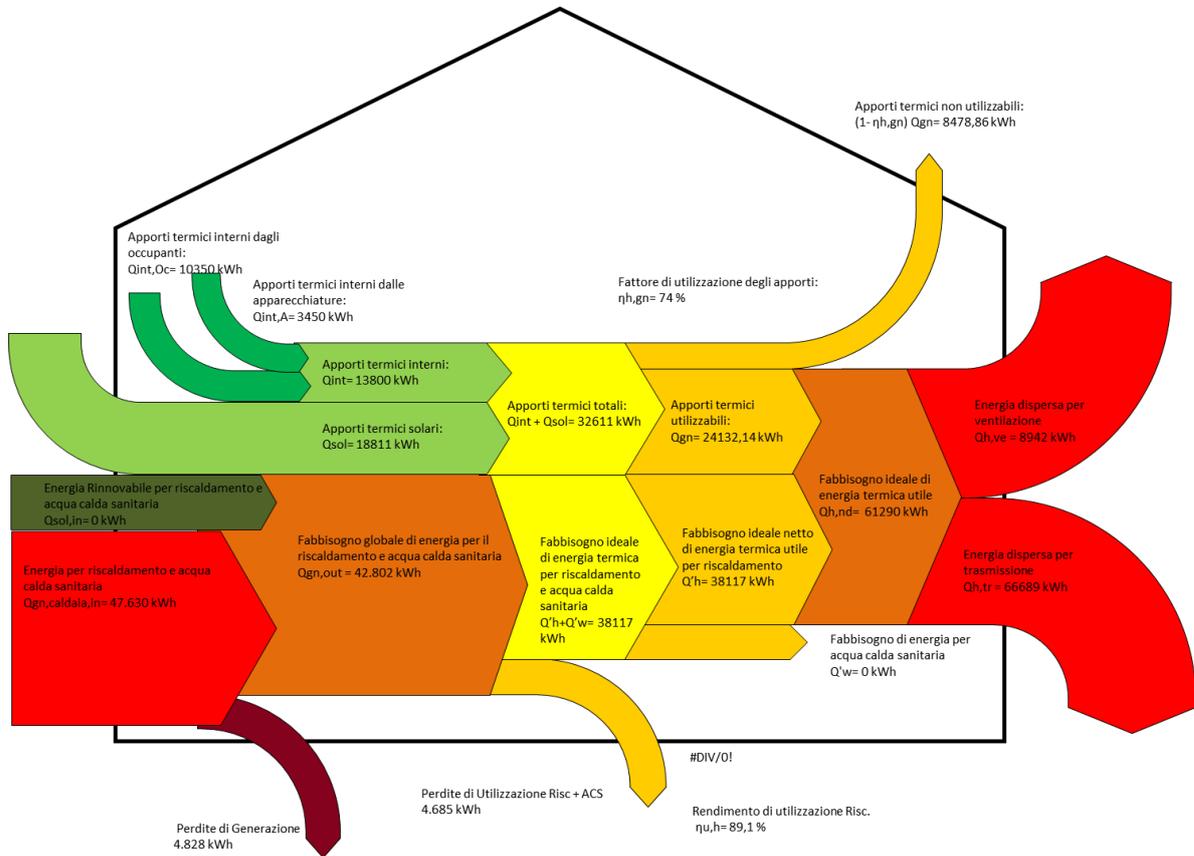
L'incentivo da Conto Termico di cui beneficia lo scenario è pari al 40% della spesa sostenuta per l'intervento descritto, come valutato in precedenza.

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili	€ 4.939	€ 1.087	€ 6.026
EEM1 - Costi per la sicurezza	€ 148	€ 33	€ 181
EEM1 -Costi per la progettazione	€ 346	€ 76	€ 422
TOTALE (I₀)	€ 5.433	€ 1.195	€ 6.629
VOCE MANUTENZIONE	CMO (IVA INCLUSA)	CMS (IVA INCLUSA)	CM (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
TOTALE (C_M)	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
			[€]
Incentivi	Conto termico		€ 2.651
Durata incentivi			€ 1
Incentivo annuo			€ 2.651

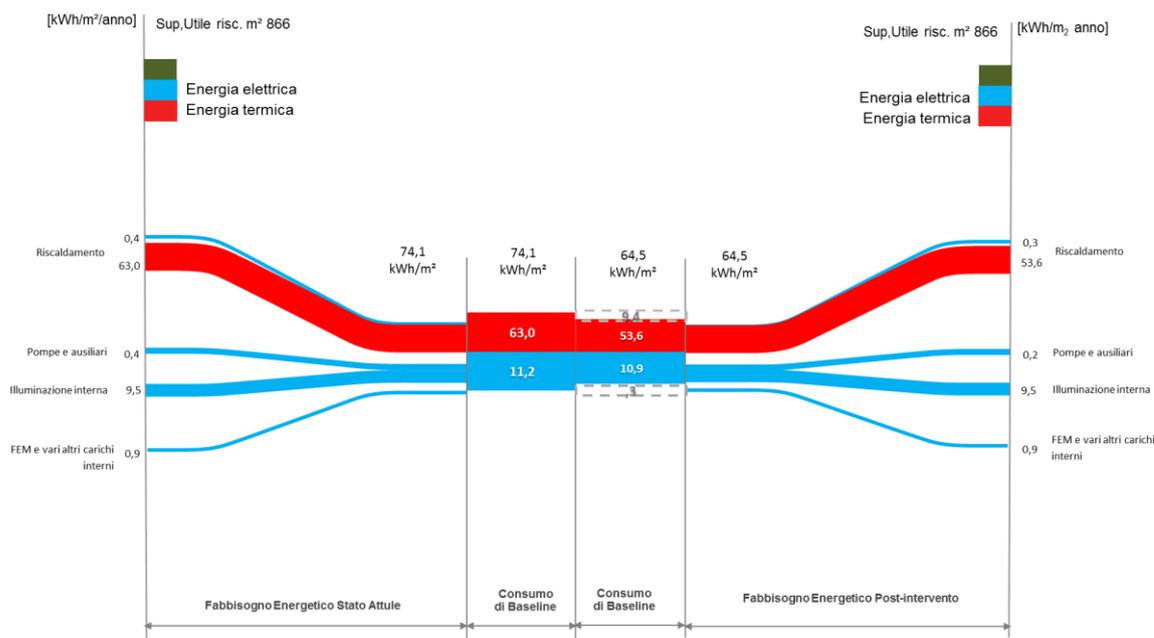
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.7 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che è diminuita l'energia primaria in ingresso all'impianto termico.

Figura 9.8 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



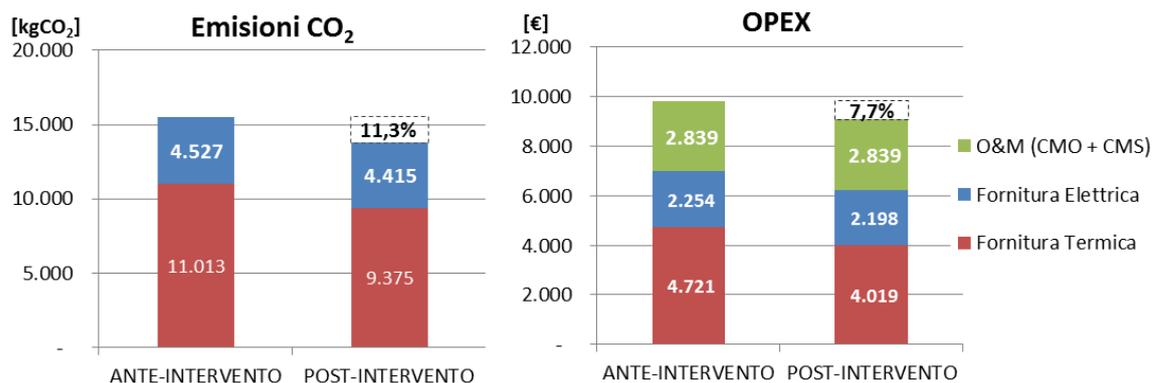
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 e nella Figura 9.9. È possibile notare che a fronte degli interventi di efficientamento energetico proposti si ha un miglioramento di una sola classe energetica, passando dalla classe F dello stato di fatto alla classe E.

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	80,9	98	-21,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	55.939	47.619	14,9%
$EE_{teorico}$	[kWh]	9.893	9.647	2,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	54.519	46.410	14,9%
$EE_{baseline}$	[kWh]	9.694	9.453	2,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.013	9.375	14,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.527	4.415	2,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.540	13.789	11,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	4.721	4.019	14,9%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.254	2.198	2,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.975	6.217	10,9%
C_{MO}	[€]	2.556	2.556	0,0%
C_{MS}	[€]	284	284	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	2.839	2.839	0,0%
OPEX	[€]	9.815	9.057	7,7%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 CLASSE

Nota (13) 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: 0,087 [€/kWh] per il vettore termico e 0,233 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.9 - 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 9.11, Tabella 9.12 e Tabella 9.13 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CDP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	Io	€ 6.629
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 199
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 6.828
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 5.462
Equity	I_E	€ 1.366
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 658
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 6.580
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 1.117

Tabella 9.12 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{ED}	€ 5.717
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€ 2.327
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 8.044
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	10,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	18,4%	€ 49
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	9%	€ 11.194
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 746
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	-49,91%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€ 243
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 80
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 213
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 2.416
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 5.578
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 7.995
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 49
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 8.044
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 1.195
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 2.651
Durata Incentivi, anni	n_B	1
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		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	10,17
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,04
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN < 0$	-€ 2.179
Tasso interno di rendimento del progetto	#NUM!	#NUM!
Indice di Profitto	IP	-32,87%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	8,32
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,30
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN < 0$	-€ 1.040
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	22,48%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	0,820
Loan Life Cover Ratio	$LLLCR < 1$	- 0,215
Indice di Profitto Azionista	IP	-15,69%

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

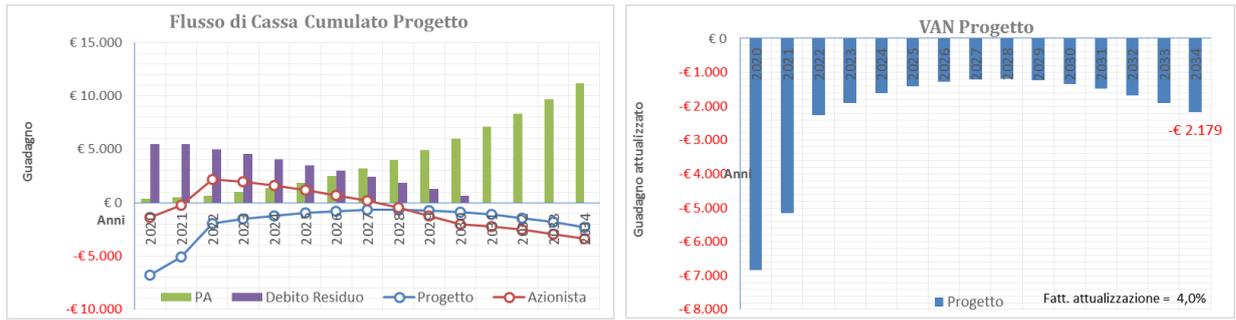


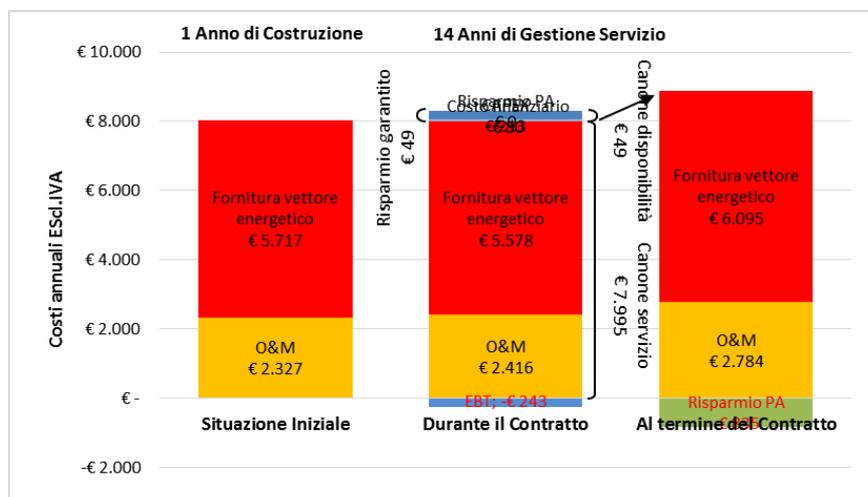
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento proposto non è finanziariamente sostenibile. Nonostante dal punto di vista economico abbia notevoli vantaggi, come già mostrato al capitolo precedente, il risparmio annuale a disposizione non riesce a sostenere le spese correlate al finanziamento e al contratto di EPC se combinate con le spese OPEX. Non è stato possibile ottenere dei risultati né soddisfacenti né significativi per nessuna combinazione di parametri economico-finanziari modificabili all’interno dello schema del PEF. Per questo motivo si vuole chiarire che tabelle e grafici sono riportati solo per completezza del documento.

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 9.12.

Figura 9.12 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



Nota. Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: 0 €; CAPEX: 213 €; Costo finanziario: 80 €. Con riferimento alla barra di destra (Al termine del contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: -835 €

Anche quest'ultima figura è riportata per completezza di contenuto, senza che fornisca dati significativi all'analisi.

9.3.2 Scenario 2: <25 ANNI

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

- Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- Sostituzione del generatore di calore con generatore a condensazione
- Sostituzione corpi illuminanti.

L'incentivo da Conto Termico di cui beneficia lo scenario è pari al 40% della spesa sostenuta per tutti gli interventi in elenco, tranne che per il generatore per il quale vale la nota precedente, ossia il 40% del costo massimo ammissibile moltiplicato per la potenza del generatore.

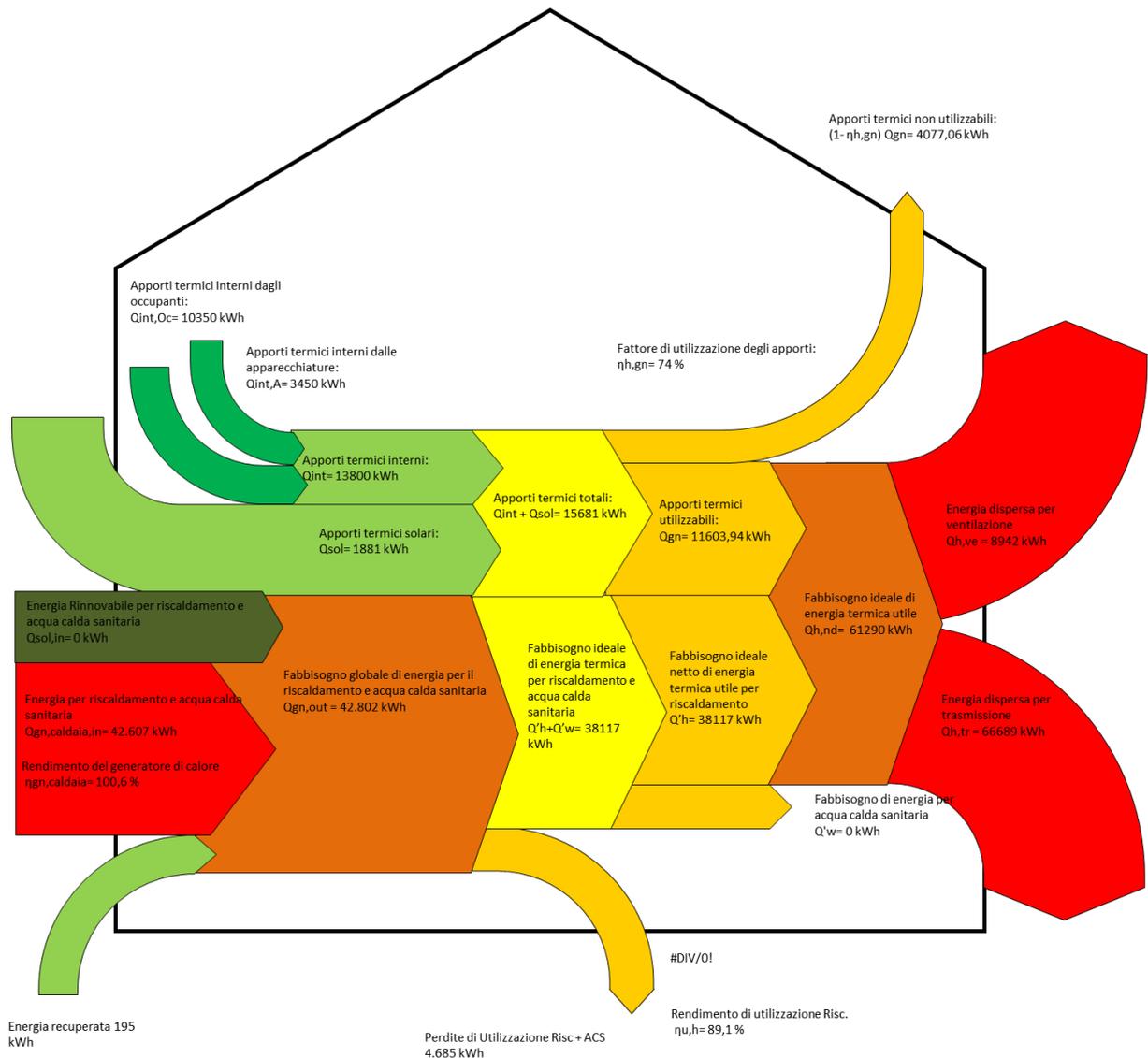
Il budget per l'intervento della sostituzione del generatore di calore non comprende quello per l'installazione delle valvole termostatiche e della pompa a giri variabili, in quanto computati come intervento singolo dal punto di vista economico.

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 - Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili	€ 4.939	€ 1.087	€ 6.026
EEM2 - Sostituzione generatore di calore	€ 9.816	€ 2.160	€ 11.975
EEM3 - Sostituzione corpi illuminanti	€ 7.145	€ 1.572	€ 8.717
EEM1 - Costi per la sicurezza	€ 148	€ 33	€ 181
EEM2 - Costi per la sicurezza	€ 294	€ 65	€ 359
EEM3 - Costi per la sicurezza	€ 214	€ 47	€ 262
EEM1 -Costi per la progettazione	€ 346	€ 76	€ 422
EEM2 -Costi per la progettazione	€ 687	€ 151	€ 838
EEM3 -Costi per la progettazione	€ 500	€ 110	€ 610
TOTALE (I₀)	€ 24.090	€ 5.300	€ 29.390
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM2 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM3 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
TOTALE (C_M)	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	[€]
Incentivi	Conto termico		€ 10.907
Durata incentivi			€ 5
Incentivo annuo			€ 2.181

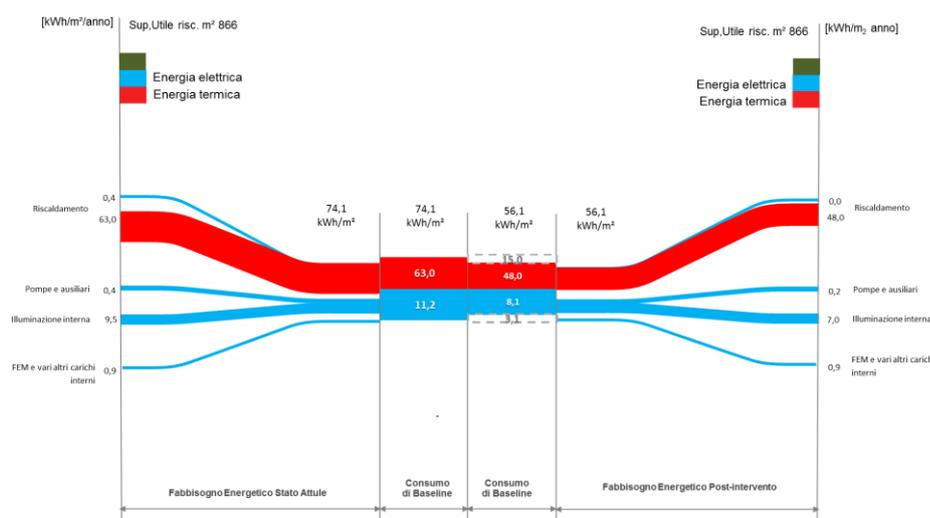
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.13 – 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 l'energia termica persa per trasmissione è diminuita rispetto allo stato di fatto, come anche l'energia primaria in ingresso all'impianto termico.

Figura 9.14 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



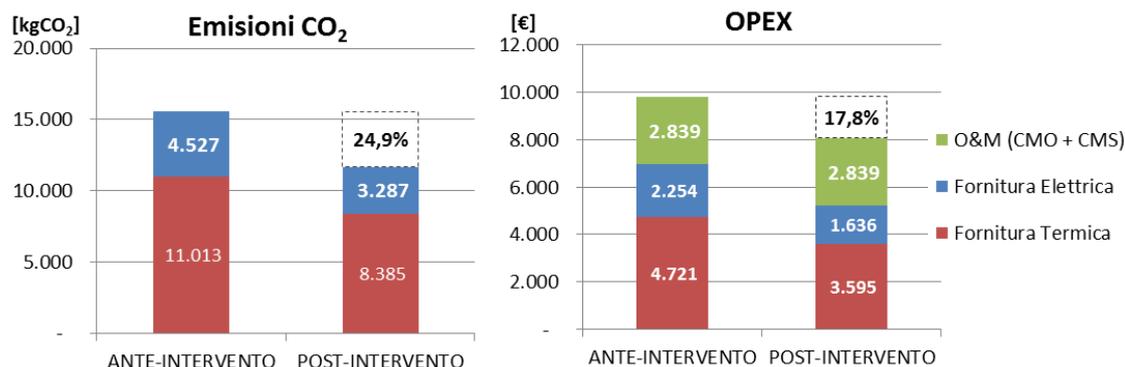
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.15e nella Figura 9.15. È possibile notare che a fronte degli interventi di efficientamento energetico proposti si ha un miglioramento di 1 classi energetica, passando dalla classe F dello stato di fatto alla classe G, nonostante l'EPgl si diminuisce in modo sostanziale (quasi la metà) rispetto allo stato di fatto.

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	80,9	98	-21,1%
Rendimento di generazione	[%]	88,4	100	-13,1%
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	6640	3424	48,4%
Q _{teorico}	[kWh]	55.939	42.591	23,9%
EE _{teorico}	[kWh]	9.893	7.182	27,4%
Q _{baseline}	[kWh]	54.519	41.510	23,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	9.694	7.038	27,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.013	8.385	23,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.527	3.287	27,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.540	11.671	24,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.721	3.595	23,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.254	1.636	27,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.975	5.231	25,0%
C _{MO}	[€]	2.556	2.556	0,0%
C _{MS}	[€]	284	284	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.839	2.839	0,0%
OPEX	[€]	9.815	8.071	17,8%
Classe energetica	[-]	F	G	-1 CLASSE

Nota (14) 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: 0,087 [€/kWh] per il vettore termico e 0,233 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.16, Tabella 9.17 e Tabella 9.18 e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

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	24
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	Io	€ 29.390,00
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 882
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 30.272
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 24.217
Equity	I_E	€ 6.054
Fattore di annualità Debito	FA_D	15,70
Rata annua debito	q_D	€ 1.542
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 37.018
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 12.800

Tabella 9.17 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	5.717
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	2.327
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	8.044
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		24,2%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	51,6%	€	516
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	32.938
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	1.866
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		-47,83%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	603
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	533
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	586
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	2.478
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	5.050
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	7.528
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	516
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	8.044
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	5.300
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	10.907
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.18 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		20,25
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	-	17,95
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€	5.925
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC		-1,34%
Indice di Profitto	IP		-20,16%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		16,16
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,41
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€	669
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		10,57%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		0,795
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1		0,168
Indice di Profitto Azionista	IP		-2,28%

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

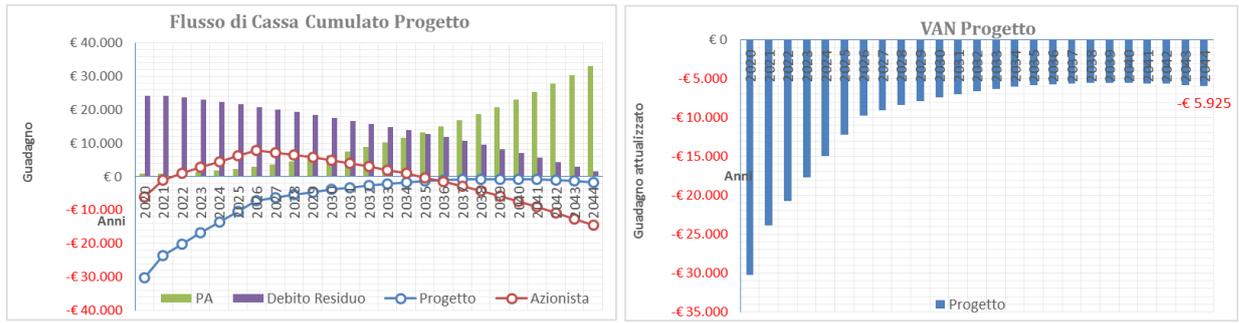


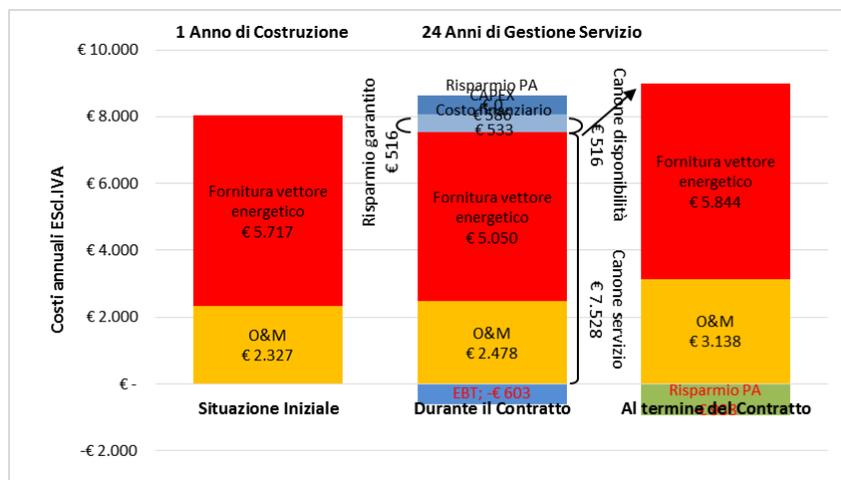
Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento proposto non è finanziariamente sostenibile. Nonostante dal punto di vista economico abbia notevoli vantaggi, come già mostrato al capitolo precedente, il risparmio annuale a disposizione non riesce a sostenere le spese correlate al finanziamento e al contratto di EPC se combinate con le spese OPEX. Non è stato possibile ottenere dei risultati né soddisfacenti né significativi per nessuna combinazione di parametri economico-finanziari modificabili all’interno dello schema del PEF. Per questo motivo si vuole chiarire che tabelle e grafici sono riportati solo per completezza del documento.

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 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



Nota. Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: 0 €; CAPEX: 586 €; Costo finanziario: 533 €. Con riferimento alla barra di destra (Al termine del contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: -938 €

Anche quest'ultima figura è riportata per completezza di contenuto, senza che fornisca dati significativi all'analisi.

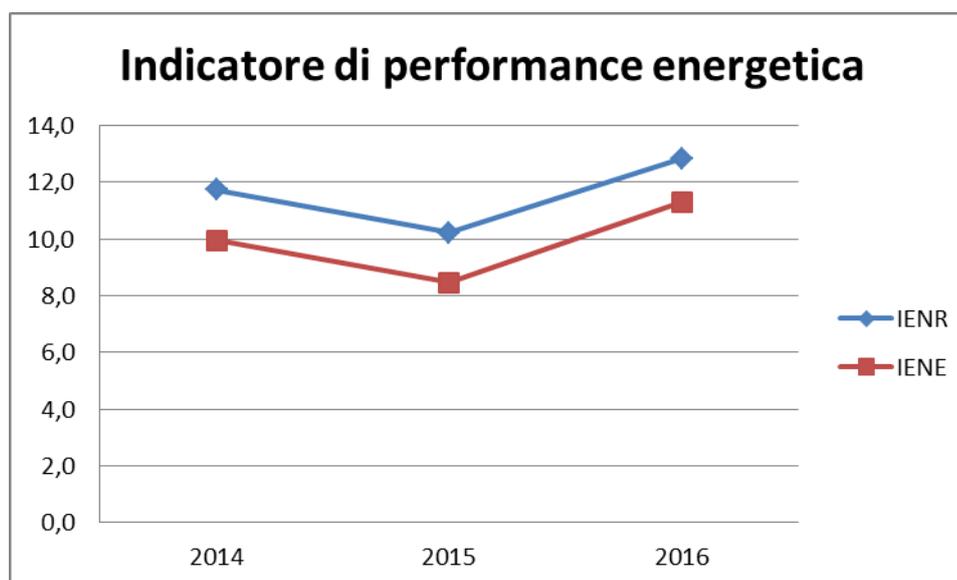
10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Nel presente documento sono stati individuati diverse tipologie di indici di performance energetica, tra cui IEN e ed IEN_r, ricavati dal documento ENEA-FIRE "Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole" e gli indici calcolati secondo DM 26/06/2015.

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida, ottenendo relativamente ad IEN_R dei valori circa allineati nel periodo considerato, il giudizio passa da sufficiente nel 2014 per passare a buono nel 2015 e tornare a sufficiente nel 2016. Anche IEN_E subisce variazioni nel triennio considerato, oscillando tra il giudizio di insufficiente e sufficiente.

Figura 10.1 – Indicatori di performance energetica



In riferimento al modello realizzato in funzionamento standard, così come richiesto per la redazione degli attestati di prestazione energetica, l'edificio oggetto di diagnosi risulta in classe energetica G, se confrontato con il relativo edificio di riferimento.

Nella seguente tabella sono riportati gli indicatori di prestazione energetica riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile relativi allo stato di fatto.

Tabella 10.1 – Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – stato di fatto

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	160,60	150,88
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	113,78	113,13
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,02	0,01
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	46,81	37,72
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	32	32

Nelle Tabella 10.2 e Tabella 10.3 sono invece riportati gli indici di prestazione energetica ricavati a seguito della valutazione dei 2 scenari di intervento descritti in precedenza.

Tabella 10.2– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN1

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	142,95	133,45
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	96,13	95,72
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,02	0,01
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	46,81	37,72
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	28	28

Tabella 10.3– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN2

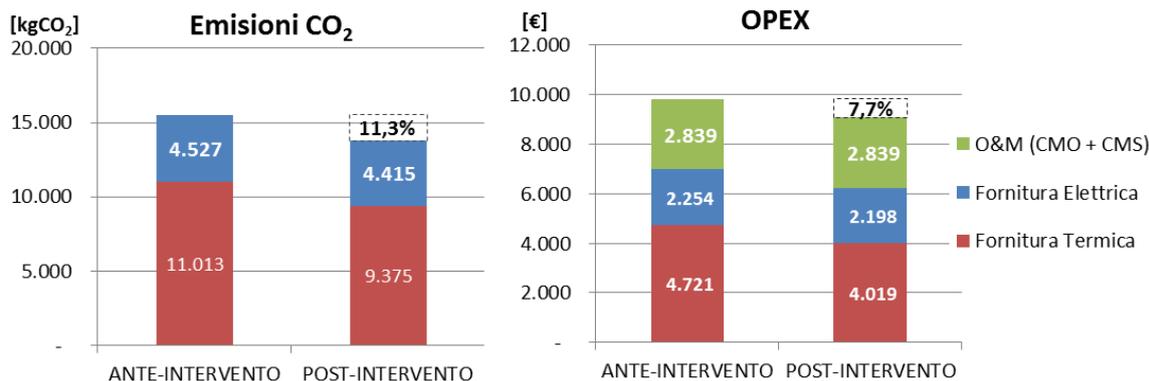
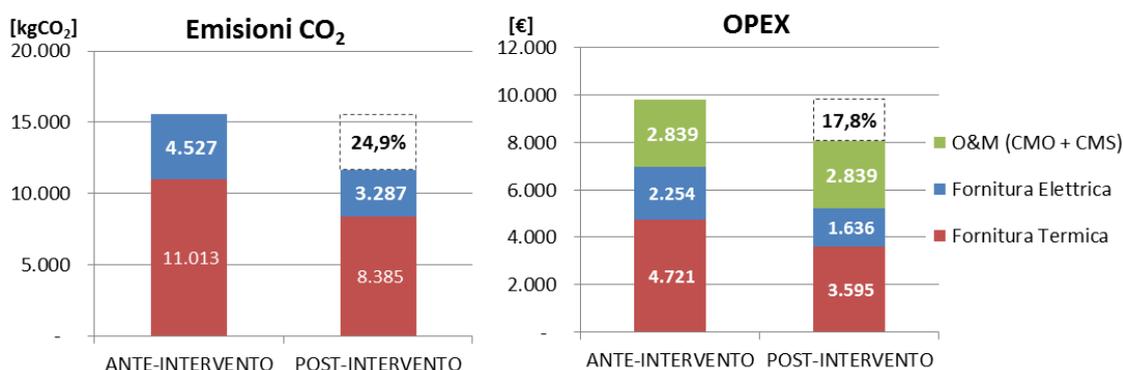
INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	86,94	85,48
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	80,33	80,16
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,02	0,01
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	6,59	5,31
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	17	17

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

A seguito dell'individuazione dei possibili interventi di efficientamento energetico, sono state proposte due soluzioni progettuali, SCN1 ed SCN2 con tempi di ritorno semplice a 15 e 25 anni, comprendenti i seguenti interventi:

- **Scenario 1: SCN1** – Tale scenario consiste nell'installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore, la sostituzione dei corpi illuminanti, oltre l'intervento previsto nello SCN1.

Di seguito si riportano la riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 nelle due ipotesi adottate.

Figura 10.2 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baselineFigura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull'edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque buoni risultati sia in termini di emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia.

L'edificio oggetto di diagnosi risulta comunque avere un ampio margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sull'involucro attualmente non coibentato e sulla regolazione più spinta dell'impianto di riscaldamento, nonché con la sostituzione del generatore di calore stesso, ma gli interventi analizzati di coibentazione delle superfici non risultano economicamente sostenibili, pertanto sono stati esclusi dagli interventi potenziali e dagli scenari stessi.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi proposti sull'impianto termico e nemmeno con l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti.

Le proposte presentate possono essere realizzate con un unico cantiere nel periodo di chiusura estiva della scuola, al fine di non creare interferenze o disturbi alle normali lezioni.

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l'edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell'energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l'installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sui quadri elettrici generali delle due scuole; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l'installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, etc), consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell'energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura. Essendo i consumi termici dovuti alla sola climatizzazione invernale e l'impianto costituito da un unico circuito, sarebbe sufficiente l'installazione di un sistema di contabilizzazione del calore composto da un misuratore di portata e da una coppia di sonde di temperatura. In questo modo sarebbe possibile confrontare il futuro consumo di gas naturale derivante dalle letture al contatore con la produzione di energia termica generata in

centrale. Per entrambe le soluzioni di misura dei fabbisogni energetici esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

10.3 RACCOMANDAZIONI

Di seguito sono riportate le raccomandazioni e le buone pratiche per il miglioramento dell'efficienza energetica, a completamento del lavoro di diagnosi energetica eseguito, che comprendono vari aspetti relativi l'edificio: dall'utilizzo della struttura fatta dagli utenti, alle modalità di utilizzo delle apparecchiature elettriche, all'illuminazione, agli aspetti gestionali e di formazione.

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	<p>In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.</p> <p>Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.</p>
Apparecchiature elettriche	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.	<p>Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell'edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell'uscita del personale o programmare adeguatamente il temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l'alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all'interno dell'edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l'uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p>
Climatizzazione	<p>Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.</p> <p>Corretta regolazione delle centraline climatiche</p>	<p>Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.</p> <p>Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche.</p> <p>Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p> <p>Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</p> <p>Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.</p> <p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.</p>	<p>personalizzare gli orari di funzionamento e le temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.</p> <p>Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell'ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell'aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.</p> <p>In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l'eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.</p> <p>L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno.</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.</p> <p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.	mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l'impianto termico 30-60 minuti prima dell'uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.
Formazione del personale	Eeguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.	<p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p> <p>Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.</p>
Illuminazione	<p>Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.</p>

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

La Scuola Media "G. Serra" presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in condizioni sufficienti. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all'impianto termico od elettrico, ma sono state rilevate criticità in relazione soprattutto negli infissi di tipologia con telaio in alluminio e vetro camera non dotato di taglio termico ad alta trasmittanza e al sistema di regolazione della temperatura ambiente inesistente.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni.

Nei due scenari individuati si presentano due situazioni diverse, nello SCN 1 si ha un intervento di regolazione dell'impianto di riscaldamento invernale, che prevede l'installazione di valvole termostatiche e di pompe ad inverter.

Nello SCN2, oltre all'intervento contenuto nello SCN1, sono stati eseguiti interventi di efficientamento contestualmente all'installazione di una caldaia a condensazione, cui si aggiunge un intervento di sostituzione dei corpi illuminanti.

Secondo questa seconda soluzione adottata si ha un peggioramento della classe energetica dalla classe F di partenza, dovuto al confronto con un nuovo edificio di riferimento rispetto a quello dello stato di fatto, nonostante l'indice di prestazione in assoluto sia quasi dimezzato.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Elenco documentazione fornita dalla committenza	16/06/2018	DE_Lotto.1 - E1645_revA_Allegato A_Elenco doc fornita.xlsx

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Elaborazione consumi diagnosi	Elaborazione consumi per diagnosi e calcoli IEN E IER	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B-Consumi per diagnosi - benchmark.xlsx
2	Elenco lampade e attrezzature elettriche	Elenco lampade ed attrezzature elettriche e modello elettrico FEM	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B-Elenco illuminazione e FEM.xlsx
3	Grafici template	Grafici ed elaborazioni dati utilizzati per la diagnosi ed il calcolo degli interventi migliorativi e gli scenari	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B-Grafici_Template.xlsx
4	Planimetria zone termiche – piano terra e posizionamento altro POD	Planimetria zone termiche – piano terra	16/06/2018	DE_Lotto1-E1645_revA-AllegatoB_PT.dwg
5	Planimetria zone termiche – piano primo e posizionamento PDR	Planimetria zone termiche – piano primo e posizionamento PDR	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B_P1.dwg
6	Planimetria zone termiche – piano secondo e posizionamento POD della scuola	Planimetria zone termiche – piano secondo e posizionamento POD	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B_P2.dwg
7	Posizionamento Centrale termica	Posizionamento Centrale termica	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B_P3.dwg
8	Schema a blocchi impianto elettrico	Schema a blocchi impianto elettrico	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B_Schema a blocchi impianto elettrico.xls
9	Visura catastale	Visura catastale	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B_Visura catastale.JPG
10	Analisi bollette energia elettrica	Analisi bollette energia elettrica	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B-Analisi bollette.xlsx
11	Analisi bollette gas metano	Analisi bollette gas metano	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B-Analisi bollette gas metano.xlsx
12	Schema impianto termico	Schema impianto termico	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B_Schema impianto termico.dwg
13	Planimetria catastale	Visura catastale	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato B_Planimetria catastale.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Report termografico	16/06/2018	DE_Lotto1-E1645_revA_AllegatoC_Report termografico.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

	Titolo	Data	Nome file
1	Report Strumentali	03/08/2018	DE_Lotto1-E1645_revB_AllegatoD_Report Strumentali.docx

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo energetico Scuola Media "G. Serra"	16/06/2018	DE_Lotto1-E1645_revA_Allegato E_Relazione di calcolo – MEDIA SERRA.rtf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
1	Certificato CTI software	16/06/2018	DE_Lotto.1- E1645_revA_AllegatoF_CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1645 – Bozza	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA_AllegatoG_MEDIA SERRA_APE – APE2015.RTF

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1645 – Scenario SCN1 – 15 anni –Bozza	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA_Allegato H_MEDIA SERRA_APE SCN1- APE2015.RTF
2	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1645 – Scenario SCN2 – 25 anni –Bozza	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA_Allegato H_MEDIA SERRA_APE SCN2- APE2015.RTF

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
1	Dati climatici di riferimento	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA_Allegato I_Dati meteo Stazione Centro Funzionale.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	Schede AICARR E1645	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA_Allegato J_Check list schede AICARR.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
3	Installazione pompe ad inverter	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA_Allegato K_H15 - Installazione di pompe a portata variabile.pdf
4	Installazione valvole termostatiche	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA_Allegato K_H16 – Installazione valvole termostatiche.pdf
5	Sostituzione corpi illuminanti	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA_Allegato K_L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.pdf
6	Installazione caldaia a condensazione	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA_Allegato K_H2 – Sostituzione sistemi di generazione obsoleti con caldaie a condensazione.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi Piano Economico Finanziario	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1645_revB_Allegato I_AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di benchmark lotto 1	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1645_revA-Allegato M_Benchmark.docx

ALLEGATO N – CD-ROM