

SCUOLA MEDIA SAMPIERDARENA

E1336

PIAZZA DEL MONASTERO 6 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



SCUOLA MEDIA SAMPIERDARENA E1336

PIAZZA DEL MONASTERO 6 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

I.Q.S. Ingegneria, Qualità e Servizi S.r.l.

Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero (MI)

T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) ; F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) ; info@iqssrl.eu ; <http://www.iqssrl.eu>

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	02/03/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Prima Pubblicazione
			Ing. Elisa Bezzone		
B	23/04/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesta della PA in data 10/04/2018
			Ing. Elisa Bezzone		
C	25/05/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
			Ing. Elisa Bezzone		
D	21/06/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 0.2 – 9.8 – 9.18
			Ing. Elisa Bezzone		

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	21
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	21
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	21
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	22
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	23
5 CONSUMI RILEVATI	24
5.1.1 <i>Energia termica</i>	24
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	33
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.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	43
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	45
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	45
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	45
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	46
7.2 TARIFFE 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	52
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	52
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	54
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	56
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	56
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	56
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	58
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	59
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	59
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	62
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	67
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2 + EEM3.....</i>	69
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3.....</i>	76
10	CONCLUSIONI	82
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	82
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	82
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	82
	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	2
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	5
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	6
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	7
	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		1550
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata ⁽¹⁾	[m ²]	2.821
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.844
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	17.029
Rapporto S/V	[1/m]	0,34
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.537
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	150
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.687
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore standard a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	290
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	2
Tipo di combustibile		2014 : gasolio e gas metano 2015: gas metano 2016: gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽²⁾	[t/anno]	45,04
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾	[kWh _{tit} /anno]	155.293
Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾	[€/anno]	12.343
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽²⁾	[kWh _{ei} /anno]	29.280
Spesa annuale energia elettrica ⁽²⁾	[€/anno]	5.820

Nota (1): La superficie utile è stata valutata tramite le tavole fornite dalla Committenza, considerando l'intero edificio.

Nota (2): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: sostituzione dei serramenti
- EEM 2: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche
- EEM 3: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza
- SCN 1: EEM2 + EEM3
- SCN 2: EEM1 + EEM2 + EEM3

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

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

CON INCENTIVI														
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	36,2%	37,1%	6.574	0	0	310.827	>25	>25	30	< 0	-2,0%	-0,52	-	-
EEM 2	29,6%	30,3%	5.374	12.710	3.350	29.507	1,3	1,4	15	179.525	70,2%	6,08	-	-
EEM 3	3,1%	3,0%	568	0	0	51.530	12,7	14,2	8	< 0	-14,4%	-0,45	-	-
SCN 1	32,7%	33,2%	4.870	10.418	2.746	81.036	2,1	2,4	15	76.444	65,8%	0,943	1,33	4,33
SCN 2	55,1%	56,2%	8.208	10.418	2.746	391.864	15,5	22,3	25	5.928	10,0%	0,015	0,99	1,57

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l'involucro sia l'impianto nel rispetto dei vincoli dell'edificio oggetto di DE e gli scenari ottenuti sono stati condizionati dai requisiti imposti dalla committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 1 classe energetica mediante la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche e installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante la sostituzione dei serramenti, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche e installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con incentivi con VAN positivi, LLCR maggiore di 1 ma solo lo scenario 1 ha DSCR maggiore di 1,3.

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Fabio Gianola soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Sud Est



E1336 – Scuola Media Sampierdarena

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

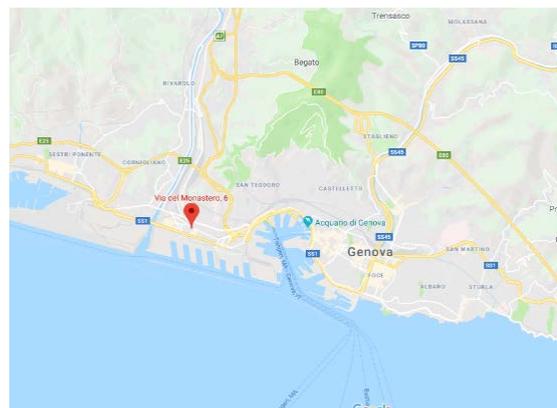
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Alessandro Cieli Ing. Alice Frontini		Sopralluogo in sito
Ing. Vittoria Citterio		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Vittoria Citterio		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Alessandro Cieli		Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico
Ing. Vittoria Citterio		Redazione report di diagnosi energetica
Ing. Elena Mazzucco	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Elisa Bezzone	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Gianola	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU, Sezione SAM, Foglio 44, Mapp. 415, Sub.1, 2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola secondaria di primo grado (sub.1) e circolo musicale (sub.2).

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche geometriche ed impiantistiche dell'edificio.

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1550
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.821
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.844
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	17.029
Rapporto S/V	[1/m]	0,34
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.537
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	150
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.687
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore standard a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	290
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	2

Tipo di combustibile		2014 : gasolio e gas metano 2015: gas metano 2016: gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	45,04
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	155.293
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	12.343
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	29.280
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.820

Nota (1): Valori di Baseline

1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

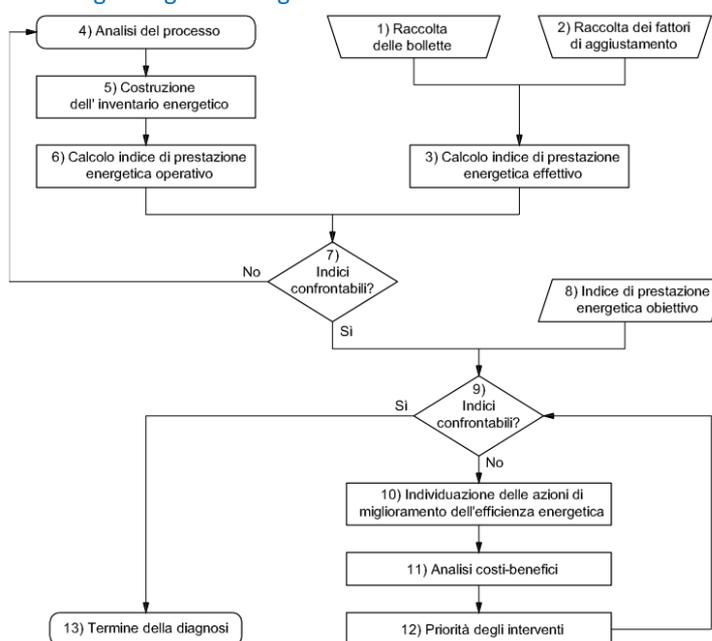
La procedura di realizzazione della DE si è sviluppata nelle seguenti fasi operative:

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 24/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Numero certificato 65 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{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

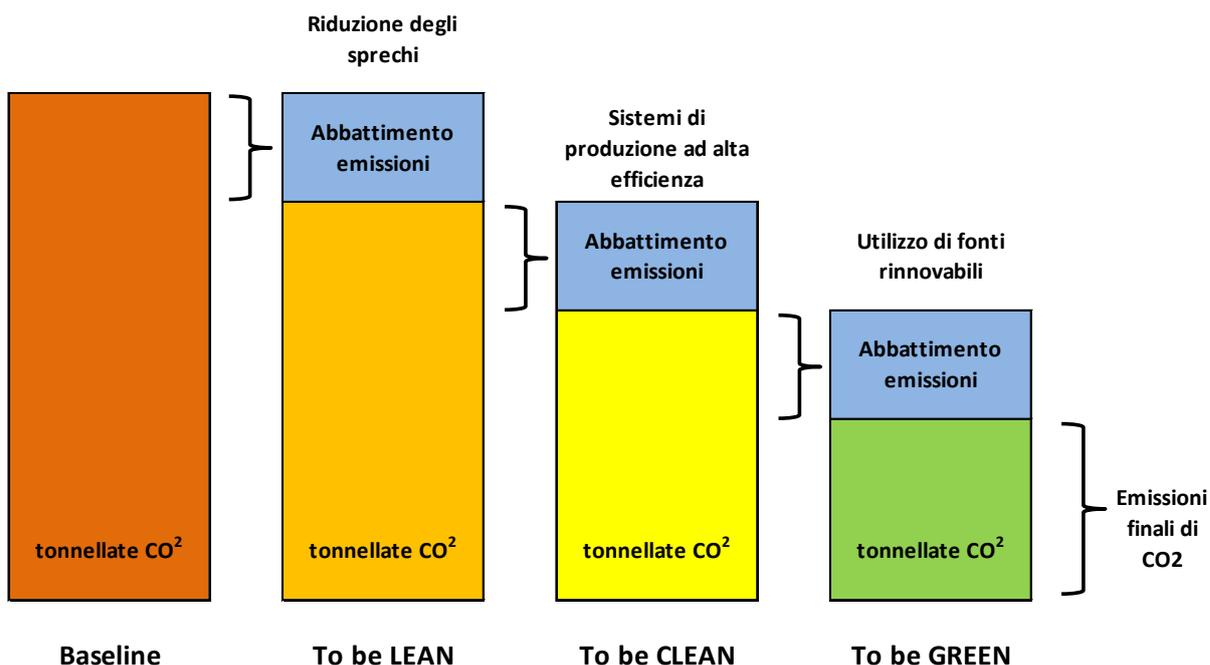
superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.

- 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



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 energetica primario.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

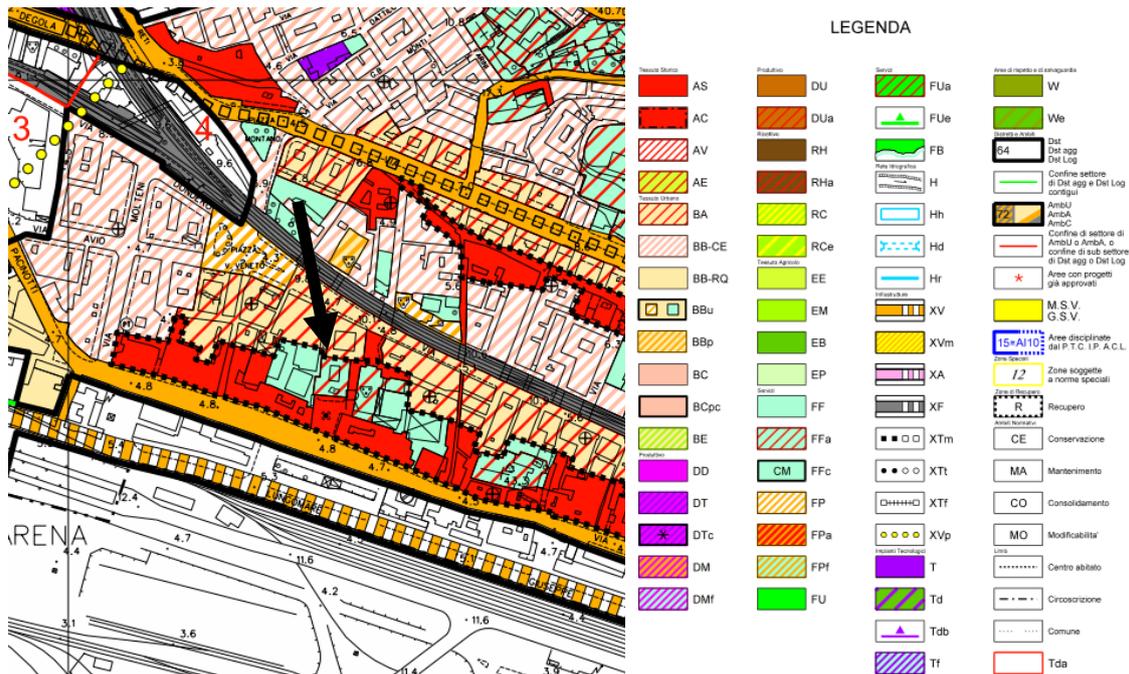
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0/18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona FFa, zona destinata a "ambito soggetto a controllo ambientale". In tali ambiti, determinati in base alla presenza di rilevanti valori storico ambientali, gli interventi ammessi devono conformarsi alle norme progettuali della sottozona AS e, ove compreso nel centro antico, a quelle della sottozona AC. Per le attività agricole esistenti e in atto è consentito il consolidamento, applicando il regime della sottozona EE-CO.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la Scuola Media Sampierdarena è stato realizzato in due fasi: la facciata a sud risale all'incirca al 1950 mentre l'edificato a nord, est e ovest risale all'incirca al 1911.

La centrale termica è stata parzialmente ristrutturata (sostituzione del generatore di calore nel 1995 e bruciatore nel 2014); l'edificio ricade prevalentemente nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

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

L'edificio è frequentato giornalmente da circa 160 persone tra studenti e adulti. Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica dell'edificio stesso e rappresentare un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra e un piano seminterrato, nei quali si sviluppano le aule ed i locali accessori alle attività didattiche.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽²⁾
Seminterrato	Palestra, circolo musicale	[m ²]	821,00	751,00	0,00
Rialzato	Ingresso, aule, servizi, cucina	[m ²]	969,30	818,60	0,00
Ammezzato	Aule, laboratori	[m ²]	498,40	407,30	0,00
Primo	Aule, uffici segreteria, sale insegnanti	[m ²]	884,50	728,50	39,00
Secondo	Archivio non riscaldato	[m ²]	411,00	0,00	0,00
TOTALE		[m ²]	3.584,2	2.820,9	39,00

Nota (1): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (2): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

Dal punto di vista storico, Sampierdarena è diventato un quartiere di Genova nel 1962. Precedentemente era un'importante cittadina industriale di cui ha mantenuto le caratteristiche architettoniche ed attualmente è una delle aree più popolate della città.

Come mostra la Figura 2.3 che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l'edificio che ospita la scuola risulta vincolato nelle seguenti parti:

- Chiostro di S. Andrea che corrisponde alla zona della palestra al piano seminterrato
- Palazzo Centurinone detto il "Monastero" che corrisponde alla parte sud dell'edificio scolastico

Entrambi gli immobili risultano essere vincolati come beni architettonici di interesse culturale non verificato. I possessori dei beni sottoposti a tutela hanno l'obbligo di comunicare alla Soprintendenza il trasferimento di proprietà dei beni, di provvedere alla loro conservazione, e di richiedere l'autorizzazione per l'esecuzione di qualunque intervento da effettuare.

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti quindi si procede nella compilazione della tabella 2.2.

Non si identificano interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

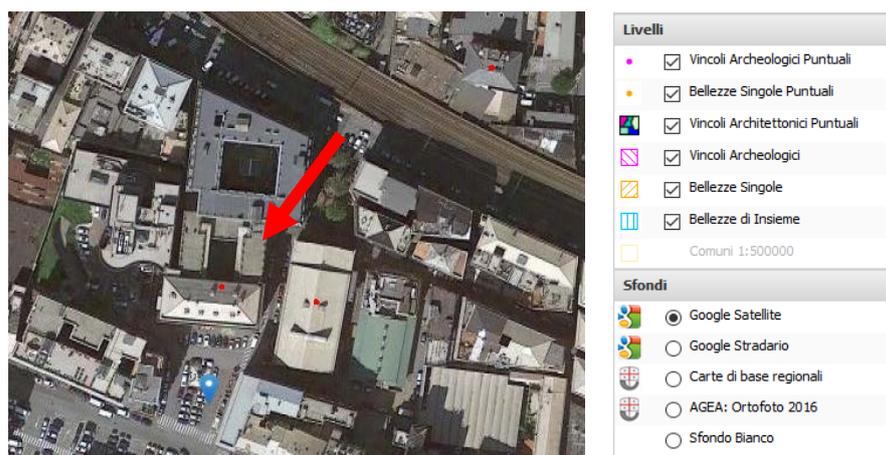


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche	Storico – Architettonico / paesaggistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 2: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 3: sostituzione sistema di generazione obsoleto con pompa di calore e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	Storico – Architettonico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico (7:15-18:00 da lunedì a venerdì), mentre i periodi di funzionamento degli impianti sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti (11 ore giornaliere da lunedì a venerdì).

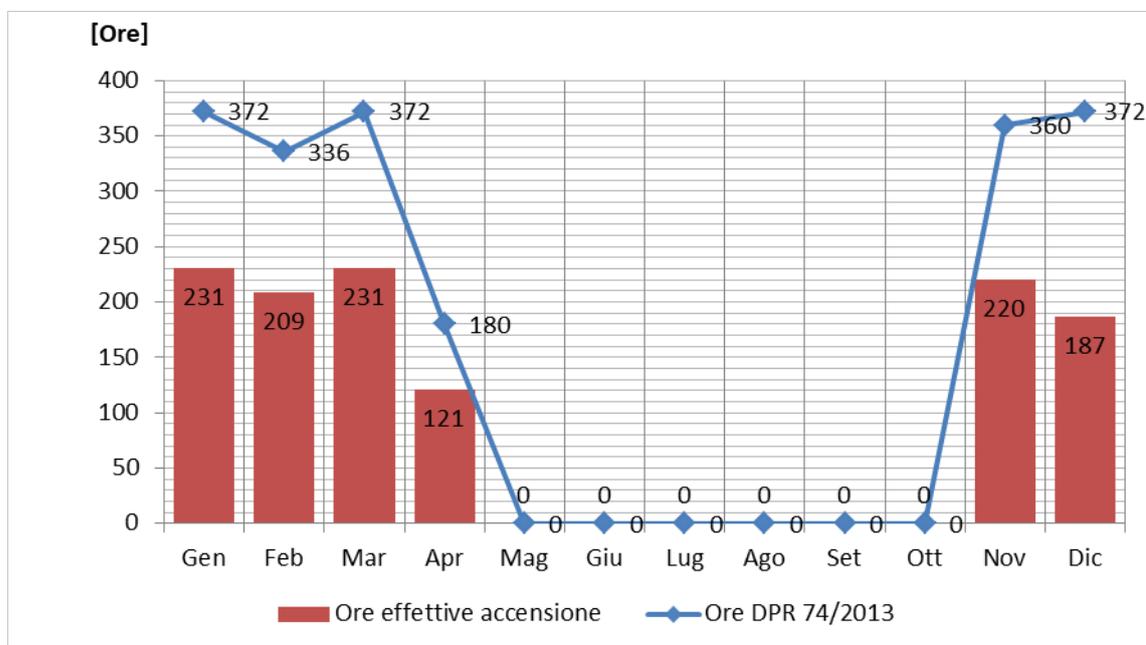
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segna l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e settembre completi in quanto i professori ed i maestri utilizzano l'edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell'anno scolastico.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	07:15-18:00	7.00-18.00

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



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

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 109 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	21	21	202	22%
Febbraio	28	10,5	28	266	19	19	181	19%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	17	17	170	18%
TOTALE	365	16,7	166	1421	220	109	929	100%

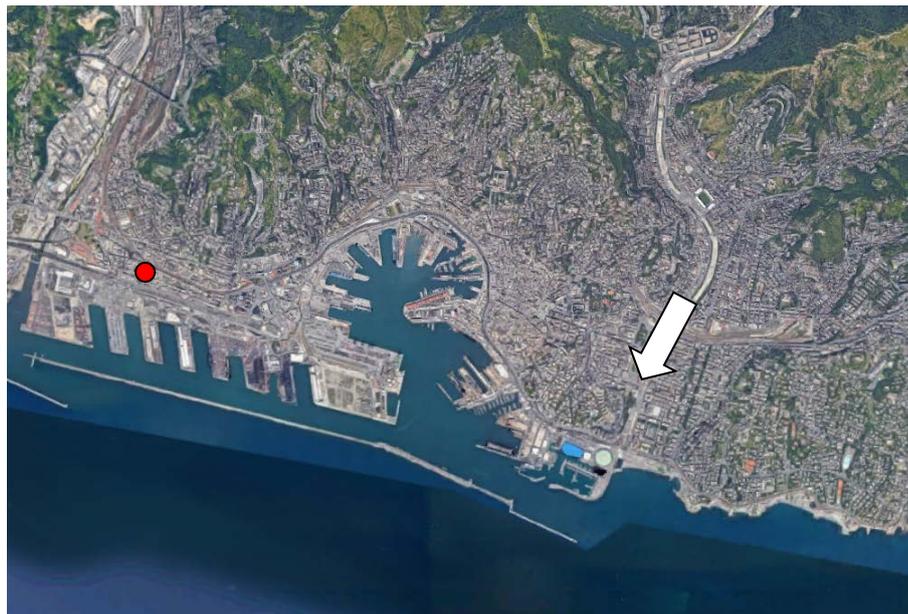
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova-Centro Funzionale-Foce (GECF).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è la stazione climatica con i dati disponibili per le tre annualità (2014-2015-2016) più vicina all'edificio oggetto di DE.

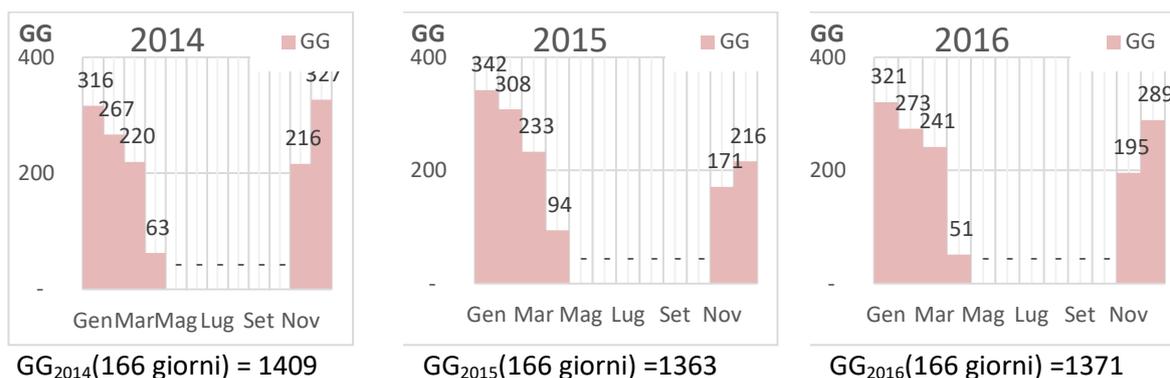
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all'edificio oggetto di DE (puntino rosso)



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



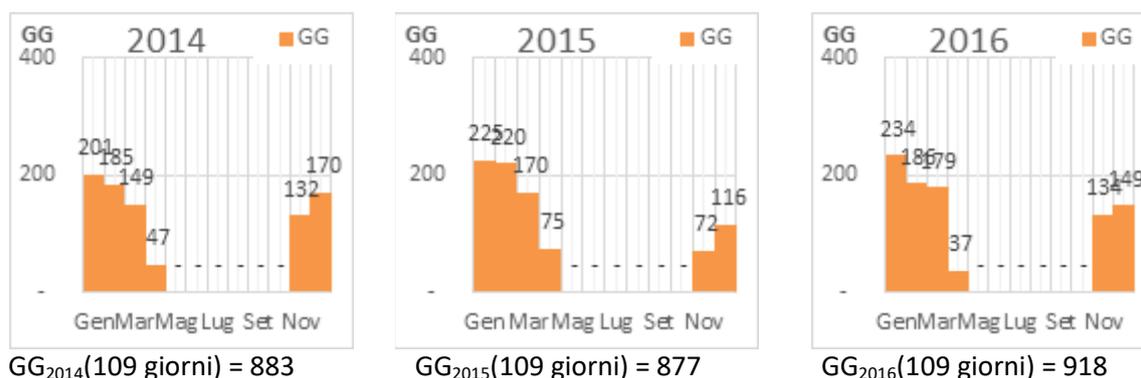
E1336 – Scuola Media Sampierdarena

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 893 GG calcolati su 109 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_{reali} 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 risulta differente per il triennio.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risulta costruito con una muratura portante.

L'involucro opaco verticale che costituisce l'edificio è composto da mattone pieno e sassi con rivestimento intonaco.

L'involucro opaco orizzontale invece si compone di una struttura in laterocemento ricoperta da pavimentazione in pietra.

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 T335.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- dispersioni attraverso la muratura in corrispondenza di angoli
- dispersioni attraverso i telai dei serramenti.

Le specifiche degli strumenti di misura sono riportate all'Allegato D - Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro – parete verticale opaca



Figura 4.2 - Particolare della copertura



Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete esterna con esposizione ovest



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	C1	20	Assente	2,05	Sufficiente
Copertura	C2	40	Assente	1,51	Sufficiente
Parete verticale	M1	90	Assente	0,85	Discreto
Parete verticale	M2	60	Assente	1,00	Discreto
Parete verticale	M3	70	Assente	0,82	Discreto
Parete verticale	M4	58	Assente	1,07	Discreto
Parete verticale	M5	54	Assente	1,29	Discreto
Parete verticale	M6	40	Assente	1,62	Discreto
Parete verticale	M7	58	Assente	0,94	Discreto
Pavimento	P1	30	Assente	1,91	Sufficiente
Pavimento	P2	20	Assente	2,07	Sufficiente
Pavimento	P3	40	Assente	1,16	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto prevalentemente da serramenti in legno e vetro singolo e serramenti in metallo vetro singolo verso il chiostro esterno.

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

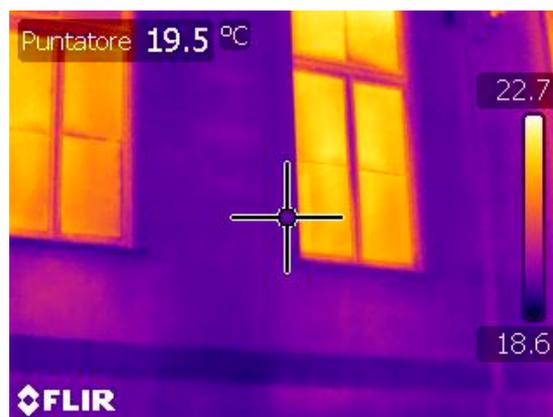
- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti in legno con vetro singolo da 3 mm
- serramenti in metallo con vetro singolo da 8 mm.
- Dispersioni termiche dai telai all'intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti





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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento in legno	F1-F3-F6-F14-F7-F8-F9-F10-F11-F12-F13-F15-F17-F18-F19-F20	F1(150x320) - F3(130x270) - F6(150x310) - F14(138x295) - F7(120x95) - F8(150x280) - F9(50x115) - F10(138x120) - F11(145x350) - F12(150x310) - F13(65x295) - F15(150x295) - F17(130x240) - F18(110x150) - F19(190x280) - F20(120x140)	legno	Vetro singolo	4,6	Insufficiente
Serramento in metallo	F2-F16	F2(250x600) - F16(265x240)	metallo	Vetro singolo	5,7	insufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto tradizionale con caldaia a basamento a gas metano e radiatori, negli uffici della segreteria al piano primo sono inoltre presenti due termoconvettori a gas.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori senza valvole termostatiche.

Figura 4.6 - Particolare sistema di emissione



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
Intero edificio	radiatori	94%
Intero edificio	termoconvettori a gas	90%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Seminterrato	Su parete interna/esterna non isolata	12	28,7	0,00
Rialzato	Su parete interna/esterna non isolata	24	71,6	0,00
Ammezzato	Su parete interna/esterna non isolata	11	16,1	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	31	61,7	0,00
TOTALE		78	196,5	0,00

Nota (1): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

In sede di sopralluogo si sono verificati i dati delle check list fornite dalla PA e sono state prese le misure ulteriori richieste dalla UNI 10200 per il calcolo della potenza.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione della centrale termica è realizzata mediante valvola miscelatrice e valvole deviatrici, comandate dalla sonda climatica esterna e dalla sonda di temperatura sulla tubazione di mandata del generatore.

Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non è in possesso di informazioni sulle temperature impostate.

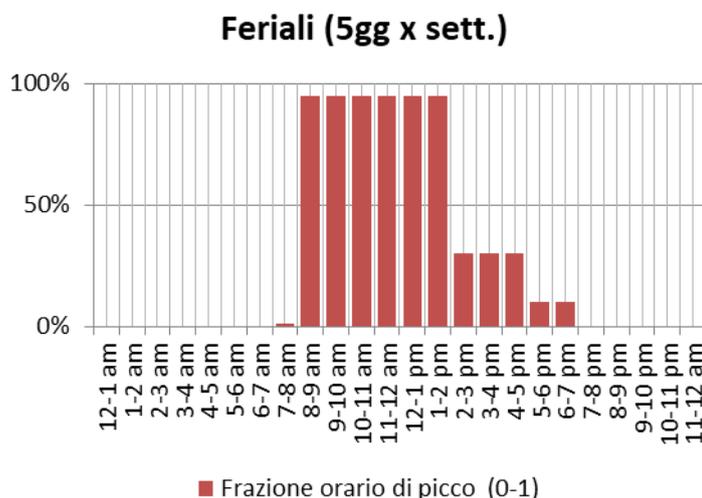
Figura 4.7 - Particolare della valvola miscelatrice



Figura 4.8 – Centralina di regolazione curva climatica



Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per l'edificio



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Intero Edificio	Climatica	70%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da due pompe gemellari in parallelo che servono due circuiti differenti.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [W]
MAJMAR R2C 65-120	EG01	circuito 1	-	1330
MAJMAR RPSD 40-50F	EG02	circuito 2	-	205

Nota (5): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (6): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

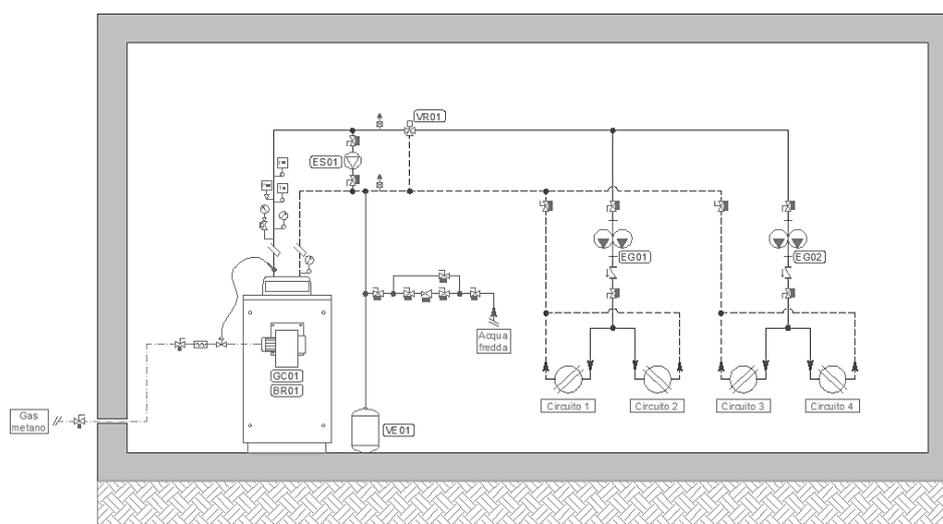
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁴⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO ⁽⁵⁾ °C
Circuito 1	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	60
Circuito 2	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	60

Nota (4): Le temperature di mandata e ritorno del circuito primario rilevate in sede di sopralluogo non sono state acquisite e riportate in quanto nella data di esecuzione dello stesso, per via della temperatura esterna elevata, l'impianto non è mai andato a regime nel lasso del tempo di visita al fabbricato. Si tratta in ogni caso di valori non rappresentativi e non necessari al fine della modellizzazione del sistema edificio-impianto.

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: 120-S01-006.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 95% (riferimento normativo UNI TS 11300-2).

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento IVAR WS/AR-290 risalente al 1995 con bruciatore BALTUR TBG 35P del 2014.

Figura 4.11 - Generatore di calore – IVAR WS/AR-290



Figura 4.12 - Bruciatore BALTUR TBG 35P



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.8

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1	Riscaldamento	IVAR	WS/AR-290	1995	320	291	90 %	54

Nota (1) rendimento da scheda tecnica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 83%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 90%.

Il rendimento della scheda tecnica è in linea con quello relativo alla prova fumi mentre il rendimento della modellazione energetica risulta il più basso dei tre.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

La produzione è eseguita tramite 6 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso degli utenti.

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

Figura 4.13 – Particolare bollitore elettrico.



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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO ⁽¹⁾	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO ⁽²⁾	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽³⁾
95%	93%	-	-	75%	29%

Nota (1): sottosistema non presente

Nota (2): sottosistema non presente

Nota (3): il rendimento globale medio stagionale comprende le perdite dovute alla rete elettrica nazionale. Fonte: modellazione energetica.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo è effettuata esclusivamente nel locale ufficio segreteria al piano primo grazie alla presenza di un climatizzatore senza unità esterna in formato consolle UNICO easy HP. utilizzato in manuale solo per climatizzazione estiva a discrezione degli utenti dell’ufficio. La potenza elettrica assorbita è pari a 1,3 kW.

Figura 4.14 – Particolare del climatizzatore senza unità esterna in formato consolle UNICO easy HP.



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Rendimenti dell’impianto di climatizzazione

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
-	-	-	-	2,6 (EER)	-

Nota (1): i dati si riferiscono alla norma EN14511

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non presente

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Z5	Computer desktop	16	250	4000	380(2h x 190gg)
Z5	Computer notebook	25	55	1375	380(2h x 190gg)
Z5	Stampante da tavolo	4	300	1200	63(0,33h x 190gg)
Z5	Stampante multifunzione	2	600	1200	63(0,33h x 190gg)
Z5	Fax analogico	1	20	20	4560(24h x 190gg)
Z5	Rack	1	200	200	8.760(24h x 365gg)
Z3	Distributore snack	2	1500	3000	8.760(24h x 365gg)
Z5	Televisore	2	250	500	63(0,33h x 190gg)
Z3	Forno a microonde	1	675	675	63(0,33h x 190gg)
Z3	Forno elettrico	3	1150	3450	63(0,33h x 190gg)
Z3	Cappa	1	250	250	63(0,33h x 190gg)
Z3	Frigorifero grande	2	60	120	8.760(24h x 365gg)
Z3	Frigorifero piccolo	2	20	40	8.760(24h x 365gg)
Z3	Lavastoviglie	1	3000	3000	63(0,33h x 190gg)
Z5	Ventilatore	3	42	126	76(0,4h x 190gg)
Z3	LIM	3	180	540	380(2h x 190gg)
Z5	Stufetta elettrica	3	500	1500	262(2h x 131gg)

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.

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti e lampade ad incandescenza.

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [kW]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]
Z1	incandescenza da 20 W	2	0,020	0,040
Z2	fluorescente da 36 W	34	0,036	1,224
Z2	fluorescente da 58 W	12	0,058	0,696
Z3	fluorescente da 18 W	72	0,018	1,296
Z3	fluorescente da 36 W	56	0,036	2,016
Z3	fluorescente da 58 W	8	0,058	0,464

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

Z3	incandescente da 100 W	1	0,100	0,100
Z4	fluorescente da 18 W	4	0,018	0,072
Z4	fluorescente da 36 W	66	0,036	2,376
Z4	incandescenza da 20 W	2	0,020	0,040
Z5	fluorescente da 58 W	40	0,058	2,320
Z5	fluorescente da 36 W	134	0,036	4,824
Z5	incandescenza da 20 W	20	0,020	0,400

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.

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

Attualmente sull'edificio è installato un impianto fotovoltaico a servizio della scuola.

Le informazioni inserite nel modello sono dedotte dalla targa dei pannelli visualizzata durante il sopralluogo e sono riportate nella tabella di seguito.

Figura 4.16 - Vista dell'impianto fotovoltaico



Tabella 4.13 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE [mq]	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA [kW]	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA [kWh/anno]
Fotovoltaico scuola	12	Silicio monocristallino	0,98	14%	1032

Le caratteristiche di tali impianti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 9 dell' Allegato J – Schede di audit.

Pannello fotovoltaico	Silicio monocristallino	
N° di pannelli e area totale captante	7	14,00 m ²
Inclinazione sul piano orizzontale	15,0 °	
Azimut (orientamento rispetto al sud)	0,0 °	
Riflettanza ambiente circostante	0,13	Carta solare e ombreggiamenti
Fattore di potenza di picco	Kpv 0,150	kW/m ²
Superficie lorda pianta edificio livello terreno	2.000,00	m ²

5 CONSUMI RILEVATI

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;
- Gasolio.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è stato il Gasolio fino a parte del 2014 quando la caldaia è stata convertita a Gas Metano.

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

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

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

Nota (1) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio della Centrale termica e dei due radiatori a gas per il riscaldamento dell'intero edificio e 1 contatore a servizio della cucina al piano rialzato.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base 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		
		[l]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050525533	Riscaldamento	18.000	5.158	14.970	16.368	230.196	141.016	154.187		
3270026626123	Cottura cibi	-	257	356	206	2.421	3.356	1.937		

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento (per il 2014 non sono disponibili fatture) esclusivamente per il PDR 3270026626123 in quanto per il PDR 16220050525533 non è stato possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.

I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

Dall'analisi effettuata è emerso che: i consumi fatturati dalla società di fornitura per il 2014 non sono disponibili, i consumi del 2015 (220 mc) e quelli del 2016 (144 mc) sono differenti da quelli fatturati dalla società di distribuzione ovvero consumi del 2015 (356 mc) e quelli del 2016 (206 mc).

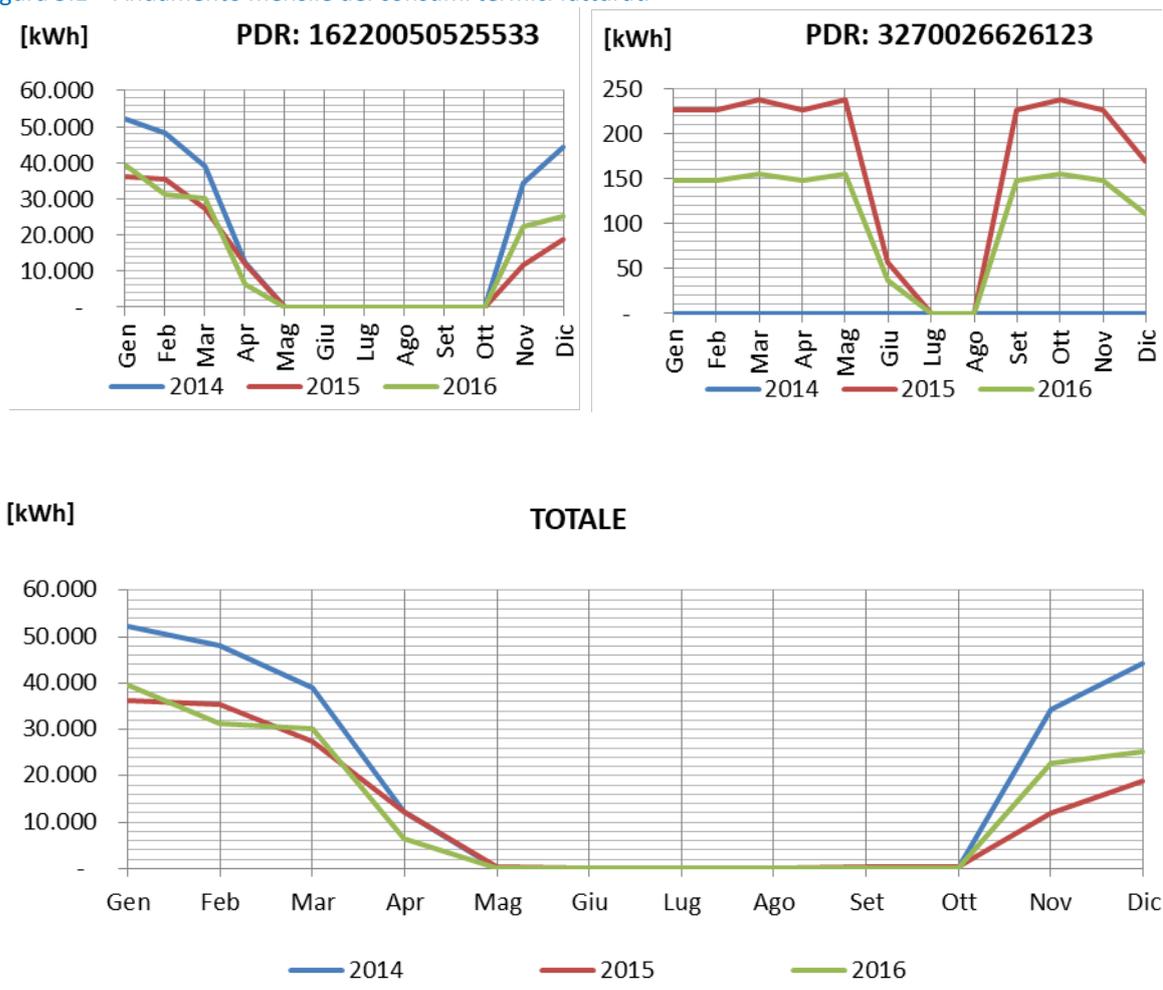
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 16220050525533	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.172	3.833	4.169	52.330	36.104	39.273
Feb	1.079	3.747	3.314	48.161	35.299	31.221
Mar	872	2.895	3.186	38.941	27.267	30.012
Apr	274	1.276	664	12.226	12.017	6.255
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	768	1.232	2.385	34.299	11.608	22.463
Dic	991	1.988	2.650	44.239	18.722	24.963
Totale	5.158	14.970	16.368	230.196	141.016	154.187
PDR: 3270026626123	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	-	24	16	-	226	148
Feb	-	24	16	-	226	148
Mar	-	25	17	-	238	156
Apr	-	24	16	-	226	148
Mag	-	25	17	-	238	156
Giu	-	6	4	-	57	37
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	24	16	-	226	148
Ott	-	25	17	-	238	156
Nov	-	24	16	-	226	148
Dic	-	18	12	-	170	111
Totale	-	220	144	-	2.072	1.356

Sono presenti consumi anche nei mesi di giugno e settembre relativi al PDR 3270026626123 in quanto è presente una cucina ad uso didattico di scuola alberghiera.

L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nel grafico in Figura 5.1.

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

\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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU [109] GIORNI	GG _{RIF} SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Sm ³]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	877	929	14.970	141.016	161	149.261	0	3.356
2016	918	929	16.368	154.187	168	156.031	0	1.937
Media	898	929	15.669	147.601	164	152.646	0	2.647

Come si può notare dai dati riportati relativi ai due anni completi di fornitura di gas metano il comportamento energetico dell'edificio, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi: tale aumento è dovuto probabilmente dalla diminuzione delle temperature esterne medie mensili dal 2015 al 2016.

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}	0,0
\bar{Q}_{ALTRO}	2.647
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	152.646
$Q_{baseline}$	155.293

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dell'intero edificio.

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

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

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

Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096971	Intero edificio	27.366	27.761	32.713	29.280

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E1336 e sono emerse le seguenti differenze: i dati ricavati dalle fatture negli anni 2015 e 2016 sono minori rispetto a quelli riportati nel file kyotoBaseline-E1336.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 27.719 kWh; anno 2015 31.578 kWh; anno 2016 34.988 kWh.

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 29.280 kWh.

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

POD: IT001E00096971	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2398	430	652	3480
Feb - 14	2206	415	483	3104
Mar - 14	2049	370	514	2933
Apr - 14	1293	248	377	1918
Mag - 14	1052	313	477	1842
Giu - 14	828	322	477	1627
Lug - 14	457	238	415	1110
Ago - 14	360	249	451	1060
Set - 14	1135	334	438	1907
Ott - 14	1522	380	442	2344
Nov - 14	1950	393	573	2916
Dic - 14	2087	411	627	3125
Totale	17337	4103	5926	27366
POD: IT001E00096971	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2307	439	567	3313
Feb - 15	2349	454	494	3297
Mar - 15	1549	318	399	2266
Apr - 15	1006	252	327	1585
Mag - 15	1264	351	578	2193
Giu - 15	853	312	489	1654
Lug - 15	344	247	418	1009
Ago - 15	368	261	444	1073
Set - 15	964	316	523	1803
Ott - 15	1896	485	574	2955
Nov - 15	2070	450	562	3082
Dic - 15	2436	431	664	3531
Totale	17406	4316	6039	27761

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

POD: IT001E00096971	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2610	509	739	3858
Feb - 16	2738	508	548	3794
Mar - 16	2682	516	689	3887
Apr - 16	1767	430	623	2820
Mag - 16	1928	389	489	2806
Giu - 16	813	291	477	1581
Lug - 16	395	268	472	1135
Ago - 16	467	275	472	1214
Set - 16	899	335	461	1695
Ott - 16	1699	425	562	2686
Nov - 16	2399	424	565	3388
Dic - 16	2522	566	761	3849
Totale	20919	4936	6858	32713

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.

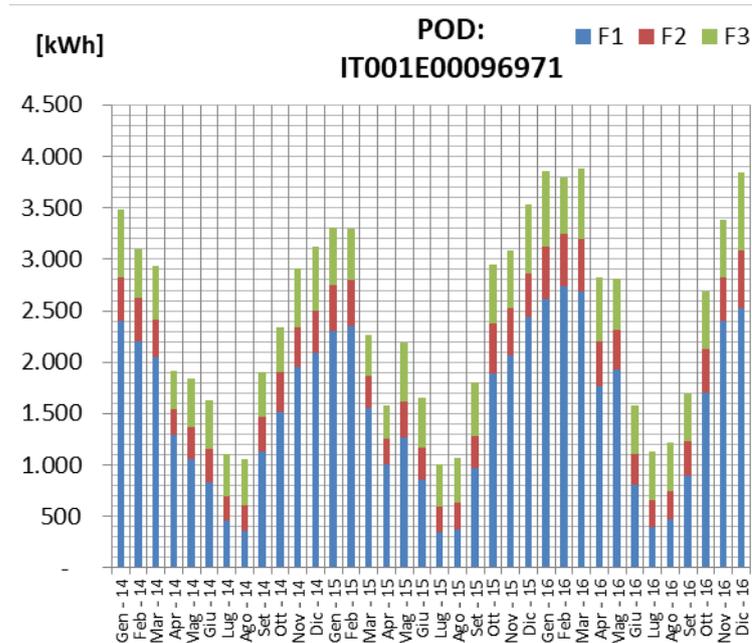
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2438	459	653	3550
Febbraio	2431	459	508	3398
Marzo	2093	401	534	3029
Aprile	1355	310	442	2108
Maggio	1415	351	515	2280
Giugno	831	308	481	1621
Luglio	399	251	435	1085
Agosto	398	262	456	1116
Settembre	999	328	474	1802
Ottobre	1706	430	526	2662
Novembre	2140	422	567	3129
Dicembre	2348	469	684	3502
Totale	18554	4452	6274	29280

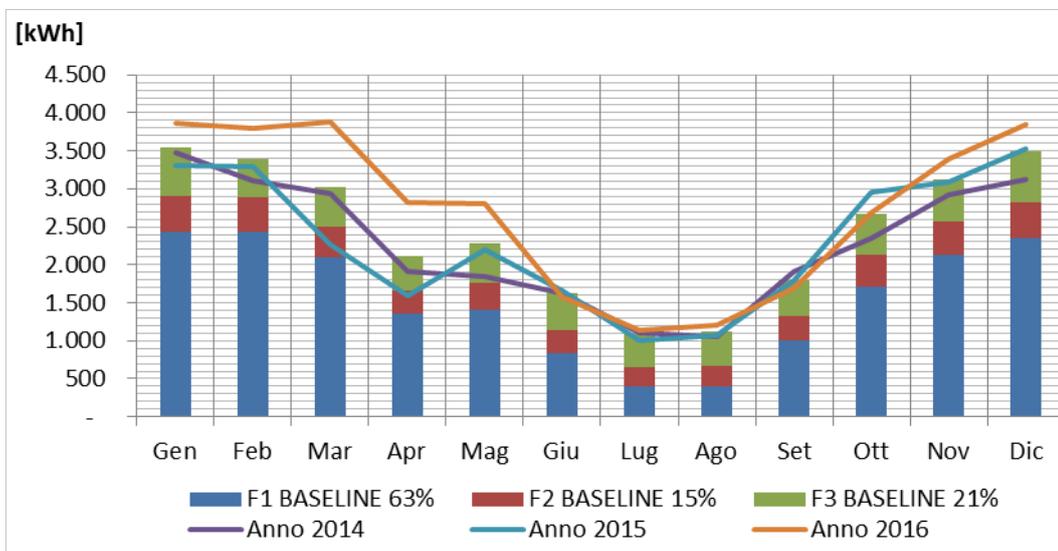
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili del POD IT001E00096971



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 ed i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti durante tutti i mesi dell'anno tranne per i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola.

In considerazione del fatto che sul portale e-distribuzione sono presenti le letture dei contatori con potenza superiore a 55 kW, non è stato possibile effettuare l'analisi dei profili orari dei consumi elettrici del POD IT001E00096971.

Per questa ragione si è proceduto ad effettuare delle stime finalizzate alla verifica dei seguenti aspetti:

- compatibilità degli andamenti mensili deducibili dalla analisi delle letture riportate dal distributore con l'utilizzo delle utenze effettivamente presenti nell'edificio;

- adeguatezza della potenza impegnata del contatore.

La procedura utilizzata per le stime è la seguente:

- essendo il fabbricato non utilizzato per tutto il mese di agosto è possibile ipotizzare che i consumi di tale mese siano simili per ciascun giorno, ricavando quindi il consumo giornaliero dell'edificio in assenza di fruizione; è stato quindi possibile assumere per l'edificio oggetto di DE un consumo di base costante di circa 39,16 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

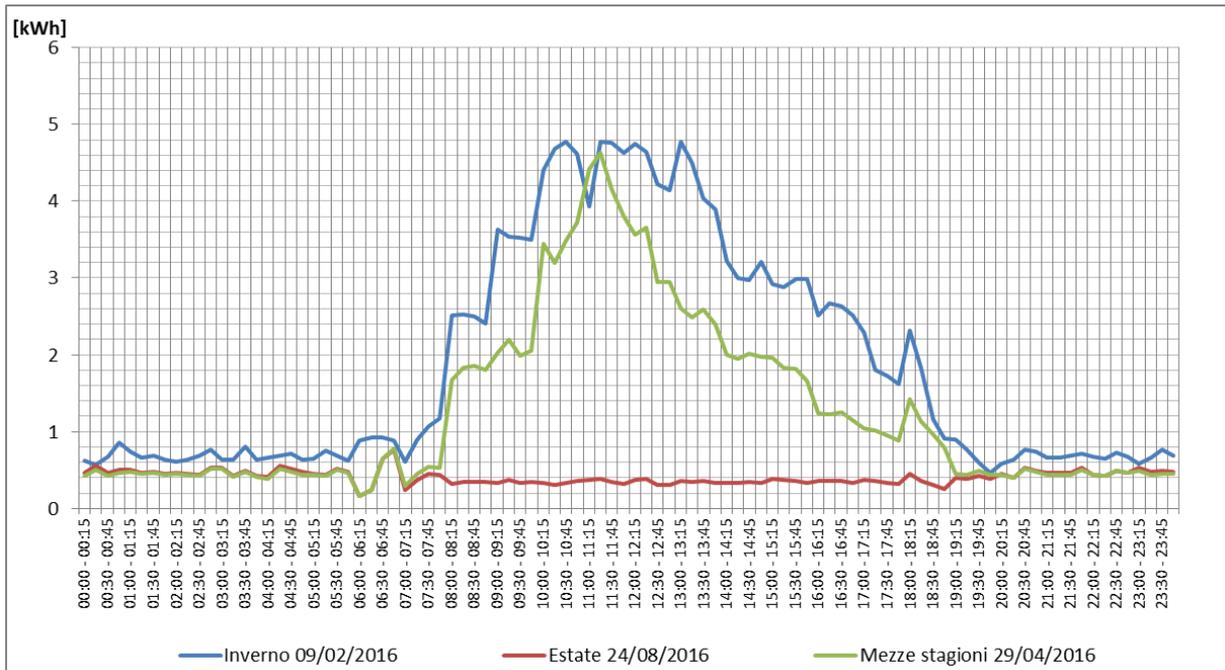
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

Tabella 5.9 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	09/02/2016	Martedì	Periodo invernale	13,2
Profilo 2	24/08/2016	Mercoledì	Periodo di chiusura	28,2
Profilo 3	29/04/2016	Venerdì	Mezza stagione	16,2

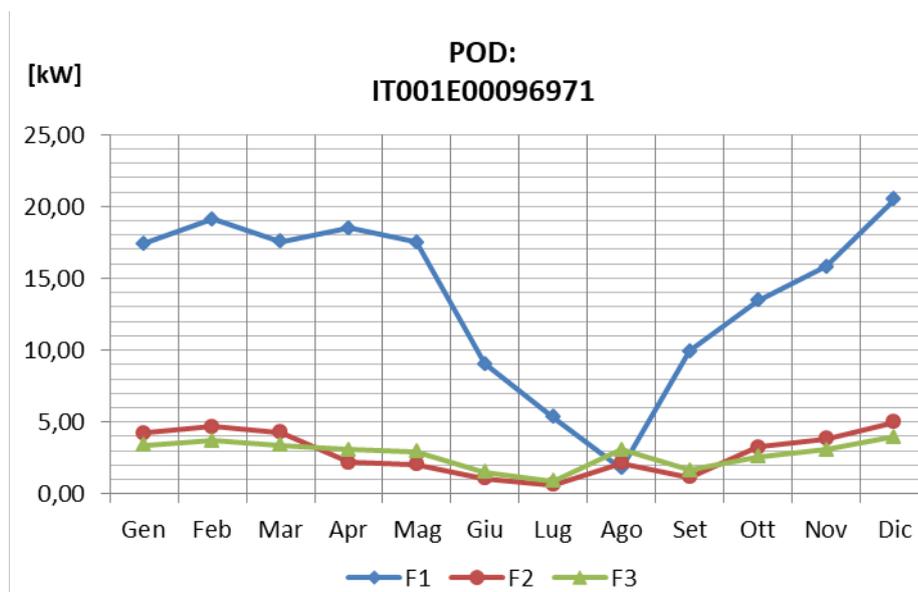
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00096971



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto ai limitati consumi dell’edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 19 fino al mattino alle 7.00), e all’entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l’andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l’edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezze stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero ed il rack.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096971



I profili di potenza giornalieri risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti, essendo le fasce di maggiore e minore consumo rispettivamente la F1 e la F3 ed essendo il periodo invernale quello con la potenza assorbita superiore.

Il prelievo di potenza massima stimato è pari a 20,49 kW e si verifica nel mese di dicembre in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

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 5.10.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

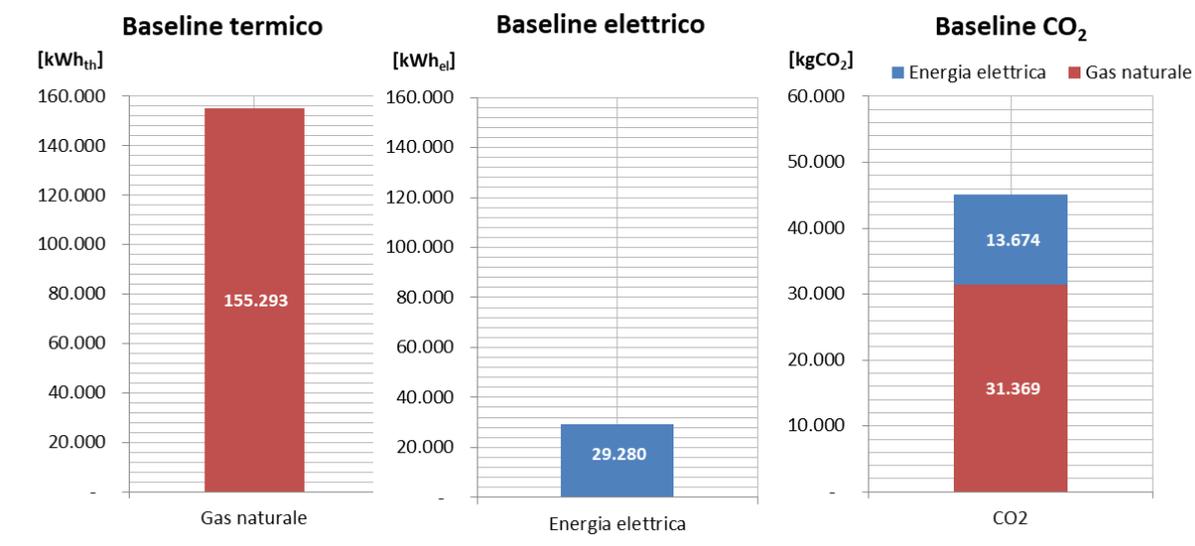
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

* 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 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	29.280	0,467	13,67
Gas naturale	155.293	0,202	31,37

Figura 5.6 – 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 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42
Gasolio	1,07	0	1,07

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 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.821	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.386	m ³
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	18.296	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	145.628	1,05	163.057	57,8	48,2	8,9	11,12	9,26	1,71
Energia elettrica	29.280	2,42	70.858	25,1	20,9	3,9	4,85	4,04	0,75
TOTALE			233.915	83	69	13	16	13	2

Tabella 5.15 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	155.293	1,05	163.057	57,8	48,2	8,9	11,12	9,26	1,71
Energia elettrica	29.280	1,95	57.096	20,2	16,9	3,1	4,85	4,04	0,75
TOTALE			220.153	78	65	12	16	13	2

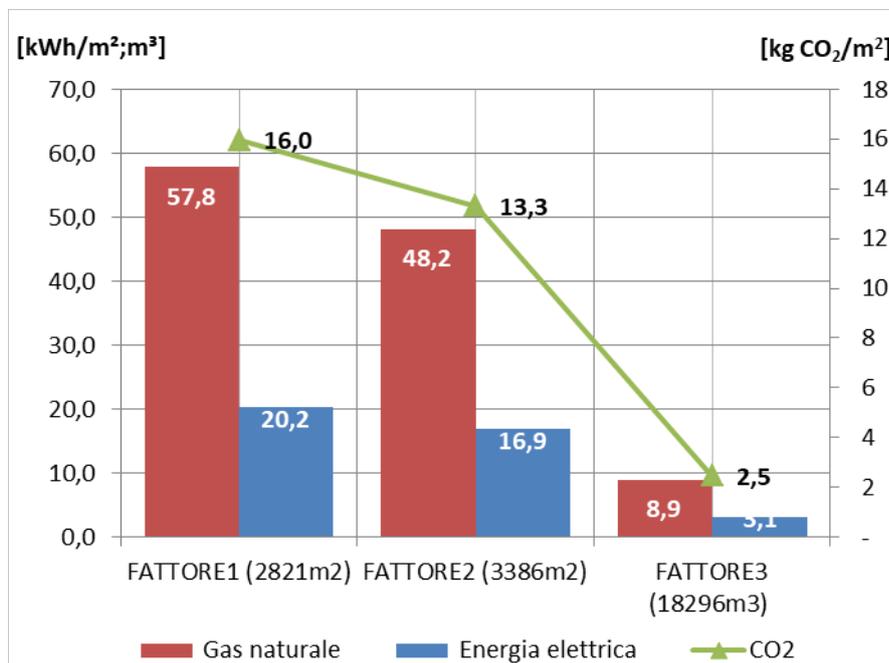
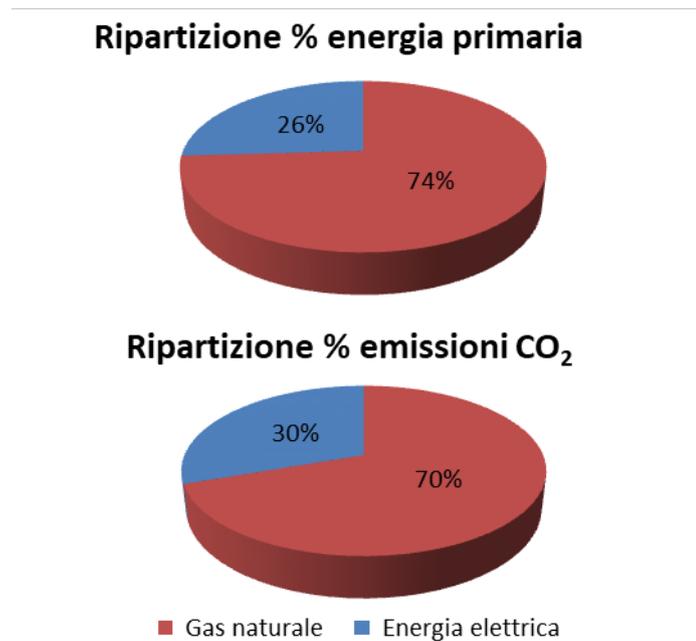
 Figura 5.7 – Indici di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata


Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

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

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

- Fattore di forma dell'edificio, in funzione del 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 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,8	5,1	5,4	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	7,7	7,8	9,2

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo valori BUONI sia per l'indice IEN_R che per l'indice IEN_E.

I dettagli dell'analisi degli indici di performance energetici sono riportati nell'Allegato M Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	322,79	310,66
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	270,15	268,84
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	3,13	2,52
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	5,56	4,43
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	42,56	33,77
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,39	1,10
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	70,8	70,8

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	74.953,19	741.362
Energia Elettrica	-	24.482

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)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(1)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (1) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo.

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 le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell'edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

I valori effettivi di temperatura rilevati ed utilizzati all'interno della modellazione, e gli altri eventuali parametri che sono stati modificati rispetto alla condizione standard sono riportati nell'Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	118,60	106,51
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	64,60	63,59
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	3,10	2,50
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	6,96	5,55
Illuminazione artificiale	EP_l	kWh/mq anno	42,56	33,77
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,39	1,10
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	30,47	30,47

Nota (1): i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO₂ dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO₂/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO₂/kWh per l’energia elettrica.

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

Gli indicatori di performance energetica ricavati dai consumi di baseline (Tabelle 5.13 e 5.14) e quelli ricavati dalla modellazione in modalità adattata all’utenza (Tabella 6.4) non sono congruenti in quanto non è possibile eseguire una validazione del modello elettrico mediante il software per la modellazione energetica.

Il metodo utilizzato per la validazione del modello elettrico è riportato al paragrafo 6.1.2 Validazione del modello elettrico.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	16.997,66	160.118
Energia elettrica		30.444

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]	[%]
160.118	155.293	3,0

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

Il dettaglio dei calcoli effettuati ai fini della definizione del modello elettrico è riportato nell'Allegato B – Elaborati.

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

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
30.444	29.280	3,8

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

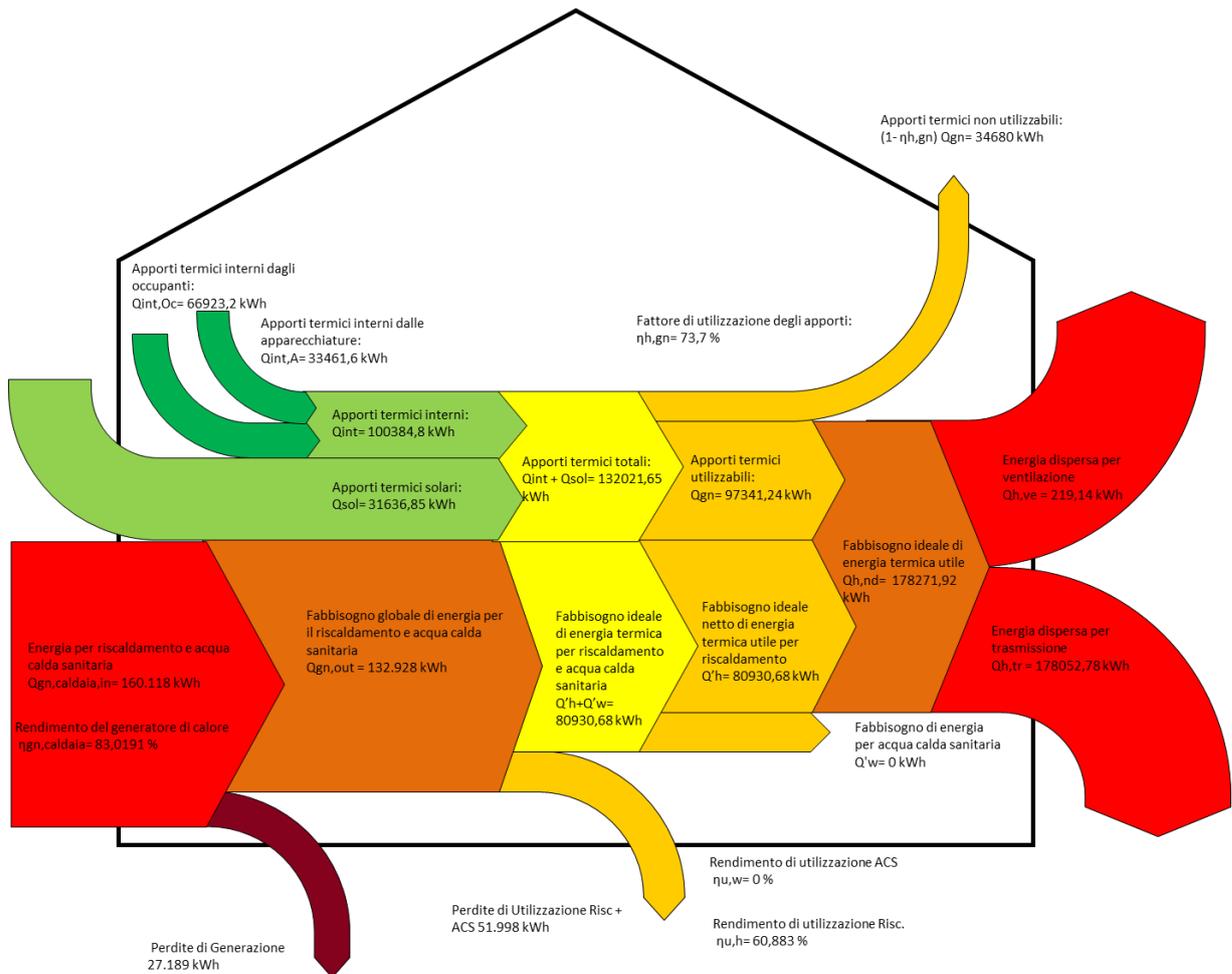
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

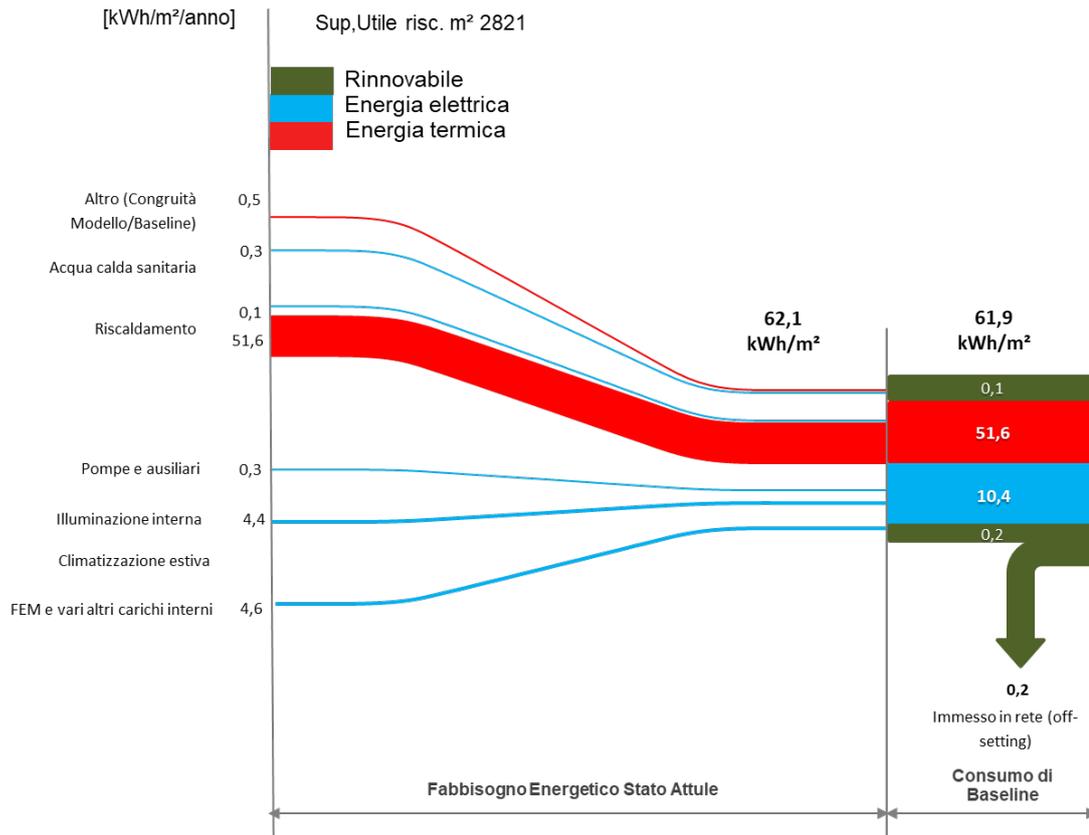
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 74% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è 61%.

E' quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell'edificio, riportato nella Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio allo stato attuale.

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 il gas naturale è impiegato interamente per il riscaldamento, mentre il servizio di produzione di ACS viene soddisfatto mediante vettore elettrico. Il principale utilizzo dell'energia elettrica risulta essere FEM e vari altri carichi interni seguita dall'illuminazione interna.

La presenza dell'impianto fotovoltaico produce una quota parte di energia rinnovabile elettrica destinata ad autoconsumo (0.1 kWh/mq) e una quota parte che viene immessa in rete (0.2 kWh/mq) ottenute intersecando la distribuzione oraria percentuale della potenza prelevata dalla rete in un giorno tipico di uno specifico mese dell'anno e la distribuzione statistica kWh giornalieri prodotti in un giorno tipico di uno specifico mese dell'anno.

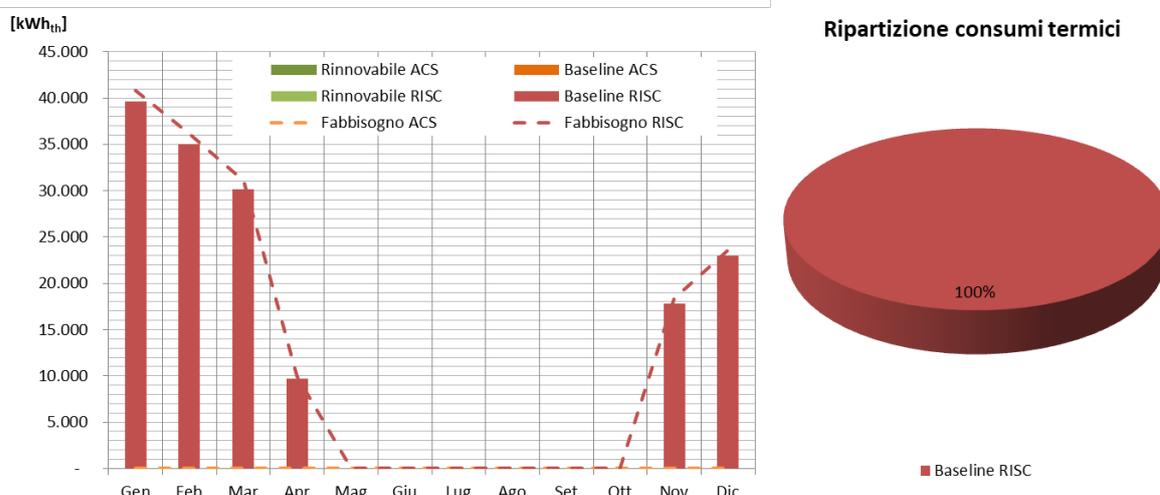
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all'interno dell'edificio oggetto della DE. Tale profilo può essere confrontato con il profilo mensile del che si

otterrebbe tramite la normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l'utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1.

Il confronto tra i due profili è riportato in Figura 6.3

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



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

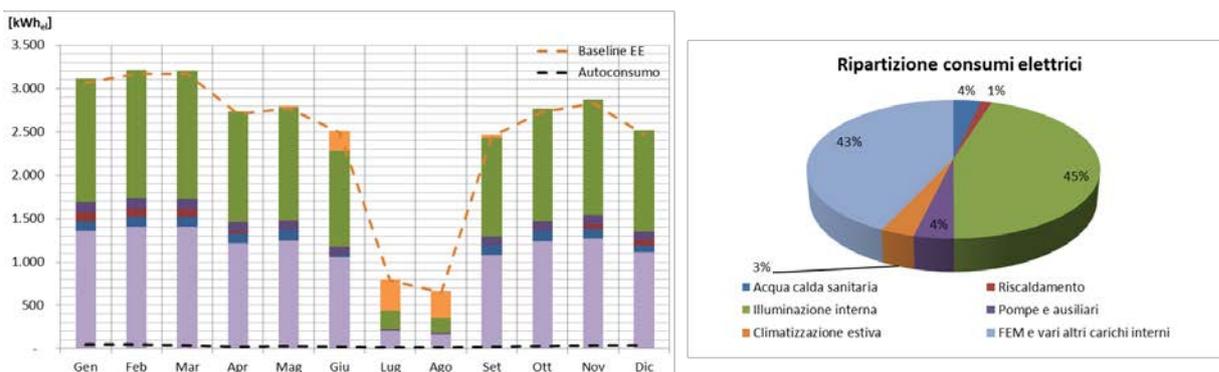
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

Il dato di FEM è stato calcolato come prodotto tra la potenza elettrica complessiva delle apparecchiature elettriche e i relativi profili di utilizzo.

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'impianto di illuminazione interna e all'utilizzo FEM e altri carichi interni, pertanto uno degli interventi migliorativi proposti, andrà ad interessare l'impianto di illuminazione.

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

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 16220050525533: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;
- PDR 2 – 3270026626123: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il prezzo desunto da ARERA per l'anno 2017.

Il calcolo della tariffa è stato effettuato considerando come tipologia di classe del contatore il range G10-G40.

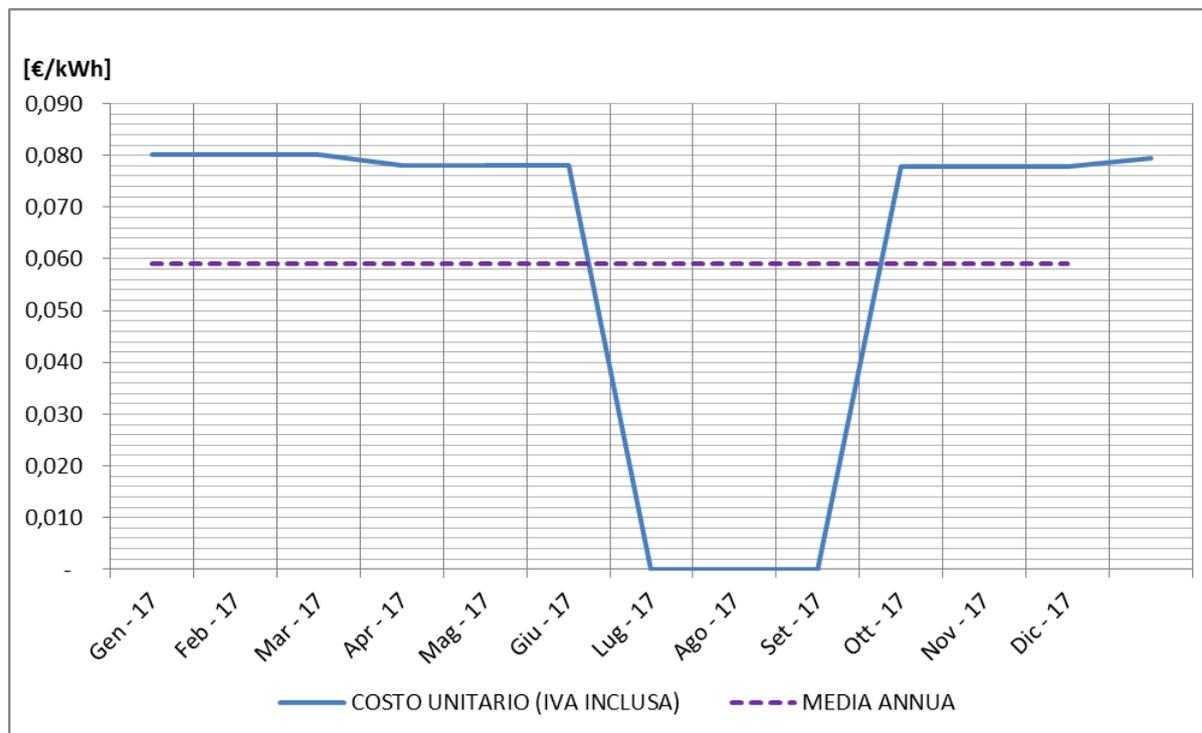
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.1 – Prezzo unitario mensile 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,080
Feb - 17	0,080
Mar - 17	0,080
Apr - 17	0,078
Mag - 17	0,078
Giu - 17	0,078
Lug - 17	-
Ago - 17	-
Set - 17	-
Ott - 17	0,078
Nov - 17	0,078
Dic - 17	0,078
Media, CuQ	0,079

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti da ARERA.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00096971 avviene tramite un contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00096971	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	PIAZZA DEL MONASTERO 6 - GENOVA		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA PATRIMONIO DEMANIO E SPORT VIA G. GARIBALDI, 9 - 16124 GENOVA		
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015 - 31/03/2015	01/01/2016 - 31/03/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	01/04/2015 - 31/12/2015	01/04/2016 - 31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	44 kW	44 kW	44 kW
Potenza elettrica disponibile	44 kW	44 kW	44 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW - CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA6	CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA6- CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,08	0,06	0,07

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

base ai valori di consumo energetico mensile.

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

Nella Tabella 7.3 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

POD: IT001E00096971	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	107	-	226	30	36	399	3.480	0,115
Feb - 14	186	-	423	54	66	729	3.104	0,235
Mar - 14	390	-	492	60	94	1.036	2.933	0,353
Apr - 14	149	204	86	35	47	522	1.918	0,272
Mag - 14	159	91	203	35	49	537	1.842	0,291
Giu - 14	93	42	120	20	28	302	1.627	0,186
Lug - 14	80	25	89	14	21	229	1.110	0,206
Ago - 14	77	33	95	15	22	243	1.060	0,229
Set - 14	119	48	127	21	32	347	1.907	0,182
Ott - 14	215	69	196	34	51	565	2.344	0,241
Nov - 14	297	83	244	42	67	733	2.916	0,251
Dic - 14	323	104	275	48	75	826	3.125	0,264
Totale	2.195	700	2.575	409	588	6.467	27.366	0,236
POD: IT001E00096971	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	237	43	318	41	64	704	3.313	0,212
Feb - 15	227	44	314	41	63	688	3.297	0,209
Mar - 15	218	44	323	42	63	689	2.266	0,304
Apr - 15	92	-	166	20	28	306	1.585	0,193
Mag - 15	105	-	187	23	32	348	2.193	0,158
Giu - 15	94	-	175	21	29	318	1.654	0,192
Lug - 15	77	-	161	18	26	282	1.009	0,280
Ago - 15	81	-	158	19	26	284	1.073	0,265
Set - 15	59	-	126	15	20	219	1.803	0,122
Ott - 15	89	-	198	23	31	341	2.955	0,115
Nov - 15	125	-	309	38	47	519	3.082	0,169
Dic - 15	396	-	634	75	110	1.215	3.531	0,344
Totale	1.800	131	3.069	376	538	5.914	27.761	0,213

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

POD: IT001E00096971	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	113	19	202	20	35	389	3.858	0,101
Feb - 16	400	40	454	62	96	1.052	3.794	0,277
Mar - 16	228	38	285	37	59	647	3.887	0,166
Apr - 16	149	34	202	24	41	450	2.820	0,160
Mag - 16	138	32	186	23	38	417	2.806	0,149
Giu - 16	121	28	169	20	34	373	1.581	0,236
Lug - 16	80	18	120	14	23	255	1.135	0,225
Ago - 16	75	17	117	13	22	245	1.214	0,201
Set - 16	144	30	193	24	39	431	1.695	0,254
Ott - 16	179	34	231	29	47	520	2.686	0,194
Nov - 16	219	43	301	36	60	659	3.388	0,195
Dic - 16	230	46	320	39	63	698	3.849	0,181
Totale	2.077	378	2.780	342	558	6.136	32.713	0,188

Nel grafico in Figura 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti da ARERA.

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

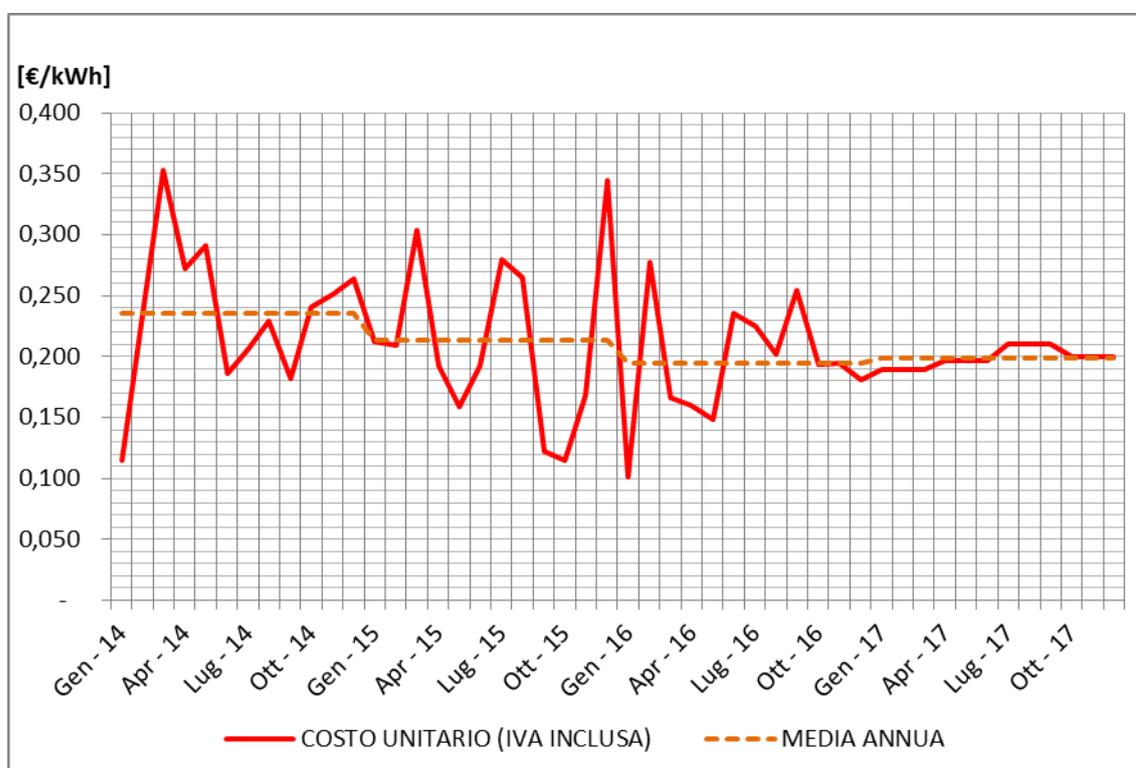
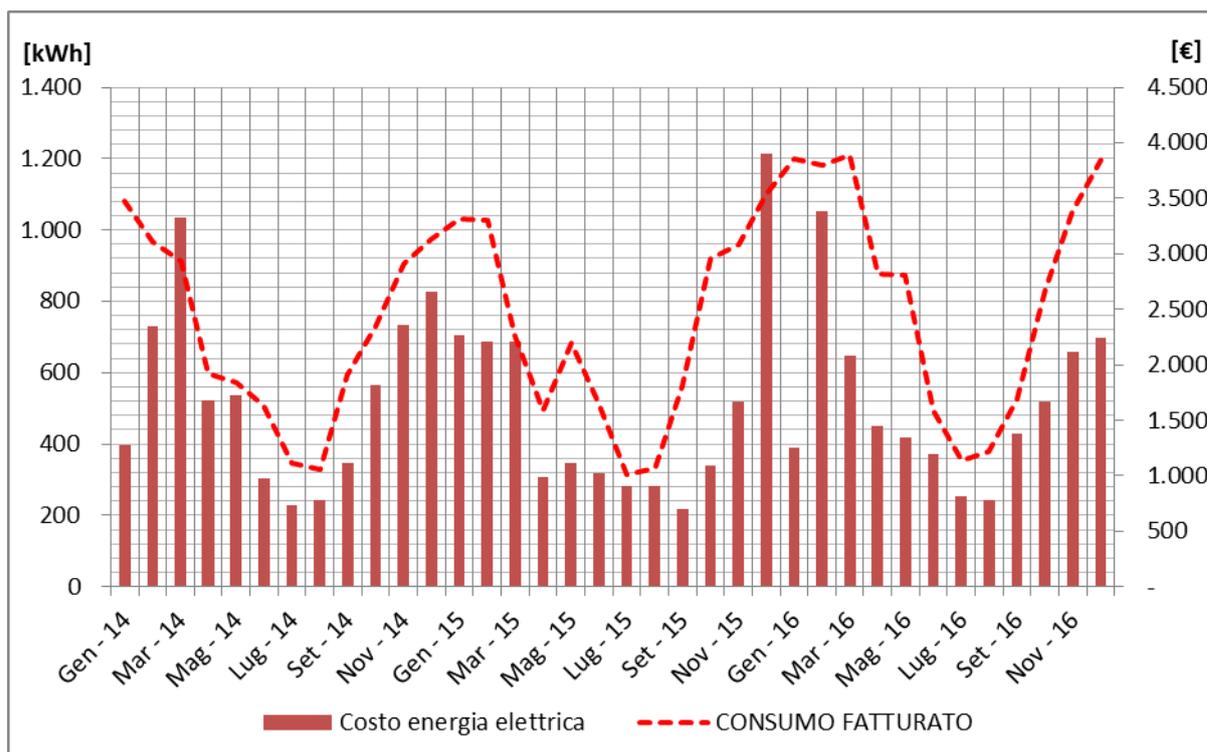


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi di energia elettrica.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	232.616	n.d.	n.d.	27.366	6.467	0,236
2015	144.372	n.d.	n.d.	27.761	5.914	0,213
2016	156.124	n.d.	n.d.	32.713	6.136	0,188
Media	177.704	-	-	29.280	6.172	0,211

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Da ARERA anno 2017	Cu _Q 0,079	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Da ARERA anno 2017	Cu _{EE} 0,199	[€/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:

- L1-042-120: servizio SIE3
- L1-042-452: servizio O&M<35kW

Il contratto non influisce sui consumi termici in quanto è relativo all'uso cottura cibi per questo non verrà considerato nell'analisi dei costi di gestione e manutenzione dell'impianto termico dell'edificio.

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: 38.761 € per il contratto L1-042-120 e 348 € per il contratto L1-042-452.

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

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

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

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

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

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E1336. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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 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 21.183	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 5.583	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

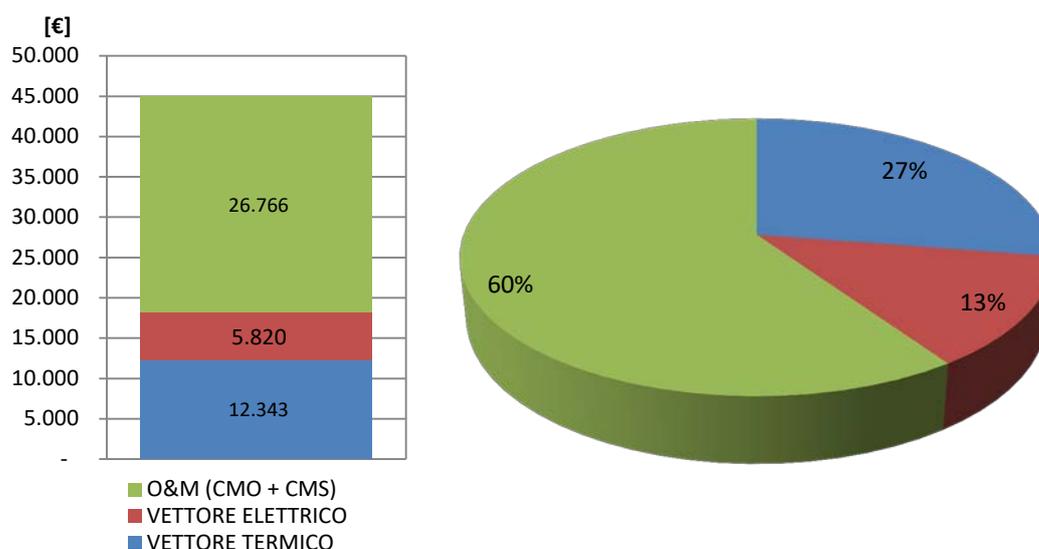
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 18.164 e un $C_{baseline}$ pari a 44.929

Tabella 7.7 – 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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
155.293	0,079	12.343	29.280	0,199	5.820	26.766	21.183	5.583	44.929

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Sostituzione dei serramenti

Generalità

La misura prevede la sostituzione di tutti i serramenti presenti nell'edificio sia in legno e vetro singolo sia in metallo vetro singolo.

Poiché l'edificio è sottoposto a vincoli come descritto al paragrafo 2.3, i nuovi serramenti installati dovranno rispettare le caratteristiche estetiche di quelli esistenti.

Figura 8.1 - Particolare serramenti da sostituire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento permette la diminuzione delle dispersioni attraverso i serramenti e gli spifferi esistenti e un netto miglioramento del confort interno e della sicurezza.

Serramenti in legno e vetro doppio con trasmittanza complessiva pari a 1,5 W/m²K

Infissi in legno, permeabilità all'aria secondo norma EN 12207, tenuta alla pioggia battente secondo norma EN 12208, resistenza al vento secondo la norma EN 12210.

Vetrocamera costituito da due lastre antieffrazione e anticaduta; una lastra è rifinita con uno speciale trattamento basso-emissivo che garantisce un elevato isolamento termico. L'intercapedine tra i vetri è riempita con argon.

Descrizione dei lavori

Inserire nell'opera muraria un'apposita controcassa, su misura da progetto. Successivamente effettuare l'installazione del serramento completo di ferramenta, guarnizioni e vetro per garantire il corretto isolamento termico e acustico.

Il piano di separazione tra clima ambiente e clima esterno sarà realizzato in modo da garantire la protezione del giunto dal clima ambiente. Il rispetto di questo requisito viene assicurato dall'esecuzione in forma di barriera al vapore (nastri di tenuta, sigillanti, membrane impermeabili).

Grazie alla sigillatura esterna, il piano di protezione dagli agenti atmosferici nella zona di raccordo correrà sulla superficie esterna della costruzione.

I fissaggi dovranno trasmettere all'edificio, con la necessaria sicurezza, tutte le forze che agiscono a livello della finestra, tenendo conto dei movimenti che intervengono nella zona di raccordo. Nella fase di progettazione valutare le condizioni della struttura esistente, il rilevamento delle forze agenti nella zona di raccordo e dei movimenti che interessano tale zona. A seguito di tale analisi verranno scelti i punti e gli elementi di fissaggio.

L'installazione del profilo tramite viti autofilettanti in acciaio, garantirà il diretto fissaggio tra i componenti edilizi, aumentato ulteriormente dall'inserimento di schiuma poliuretana negli spazi rimanenti, materiale che permette il continuo assestamento del serramento.

Prestazioni raggiungibili

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

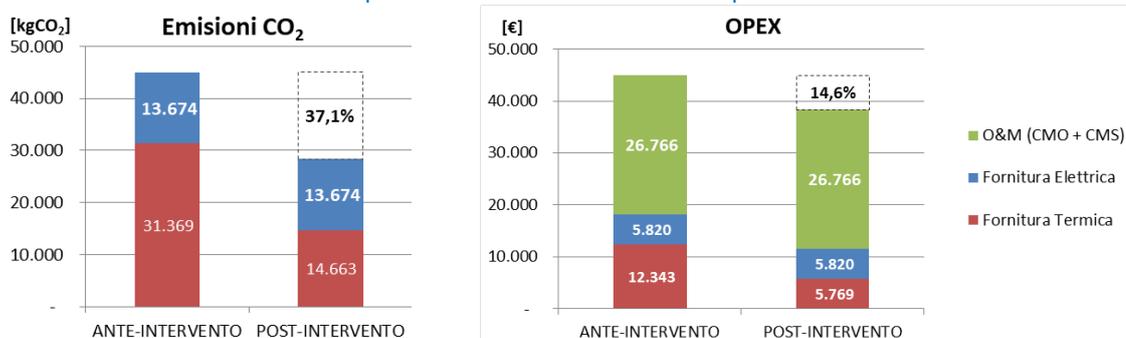
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	5,0	1,5	64,9%
Q _{teorico}	[kWh]	160.118	74.843	53,3%
EE _{teorico}	[kWh]	30.444	30.444	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	155.293	72.588	53,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	29.280	29.280	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.369	14.663	53,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.674	13.674	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	45.043	28.337	37,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.343	5.769	53,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.820	5.820	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.164	11.590	36,2%
C _{MO}	[€]	21.183	21.183	0,0%
C _{MS}	[€]	5.583	5.583	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	26.766	26.766	0,0%
OPEX	[€]	44.929	38.356	14,6%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,199 [€/kWh]

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione omologato quattro stelle e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe "A", di un sistema di regolazione primario efficiente e di termostatiche su ciascun corpo scaldante.

La caldaia a condensazione- omologata quattro stelle- garantirà temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite dalla centralina climatica della caldaia.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

Figura 8.3 – Particolare sistema di generazione obsoleto da sostituire



Caratteristiche funzionali e tecniche

La caldaia a condensazione da installarsi sarà del tipo a grande accumulo per limitare il numero di accensioni ed il pendolamento dell'impianto termico. Vista la vetustà dell'impianto termico si provvederà all'installazione di uno scambiatore di calore a pacco alettato smontabile. Si creerà quindi un circuito primario con circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della caldaia. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la caldaia e lo scambiatore mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l'effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all'impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

Descrizione dei lavori

I lavori consisteranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installato il nuovo generatore di calore con lo scambiatore e realizzato il circuito primario. Allo scambiatore verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l'installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l'ottimizzazione del sistema.



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

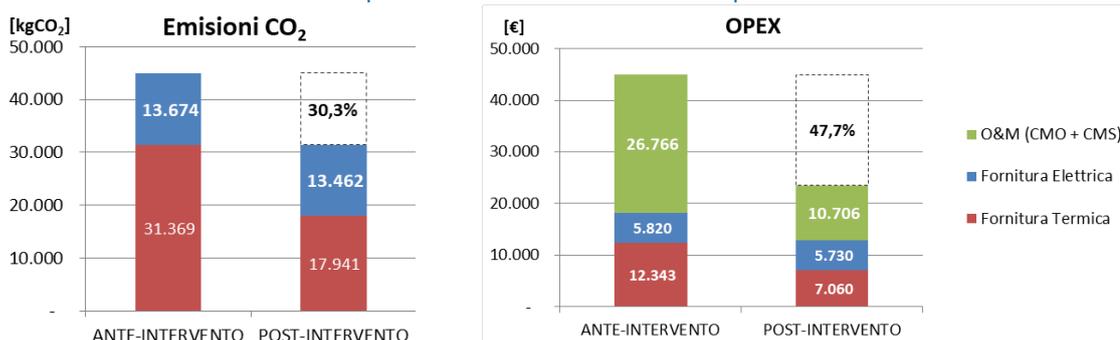
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento	[%]	83,0	103	-24,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	160.118	91.578	42,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	30.444	29.972	1,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	155.293	88.819	42,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	29.280	28.826	1,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.369	17.941	42,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.674	13.462	1,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	45.043	31.403	30,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12.343	7.060	42,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.820	5.730	1,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.164	12.790	29,6%
C_{MO}	[€]	21.183	8.473	60,0%
C_{MS}	[€]	5.583	2.233	60,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	26.766	10.706	60,0%
OPEX	[€]	44.929	23.496	47,7%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,199 [€/kWh]

Nota (2) La riduzione del 60% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

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

8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessuna EEM prevista in quanto il consumo dell'acqua calda sanitaria risulta poco significativo e non si ritiene conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Nessuna EEM prevista perché l'impianto di ventilazione non è presente e l'impianto di climatizzazione estiva incide sui consumi totali di energia elettrica di solo il 3%.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM3: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'impianto di illuminazione si può ottenere sostituendo le attuali lampade fluorescenti con tubi a led.

L'intervento interessa le lampade 1x36, 2x36 1x58 e 2x58 e comporta la sostituzione degli apparecchi esistenti con nuovi apparecchi dotati di lampade a led.

Figura 8.5 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Alcuni dei vantaggi che si possono ottenere grazie all'utilizzo della tecnologia a led sono i seguenti:

- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; Di fatto si stima che può facilmente raggiungere oltre le 80000 – 100000 ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno). Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una durata di 4000 – 5000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.

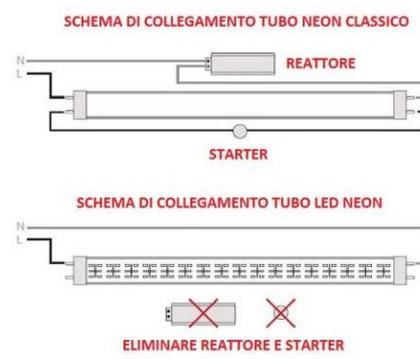
- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.
- Efficienza luminosa: L'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt. La tecnologia a **LED** proposta ha una efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **150 lm/W**.
- Salubrità e rischio inquinamento: i LED non contengono gas nocivi alla salute e le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni sono nulle.

Descrizione dei lavori

Per effettuare la sostituzione di un tubo neon classico con tubo led bisogna applicare due modifiche, in quanto il LED richiede una tensione di 220V diretti:

- eliminare lo STARTER
- eliminare il REATTORE connettendo tutti e due i fili sullo stesso morsetto

In questo caso si prevede la sostituzione dell'INTERA PLAFONIERA, cioè andando a sostituire la vecchia plafoniera per tubi neon con un prodotto già privo di alimentatore e starter dotato di apposita certificazione.



Prestazioni raggiungibili

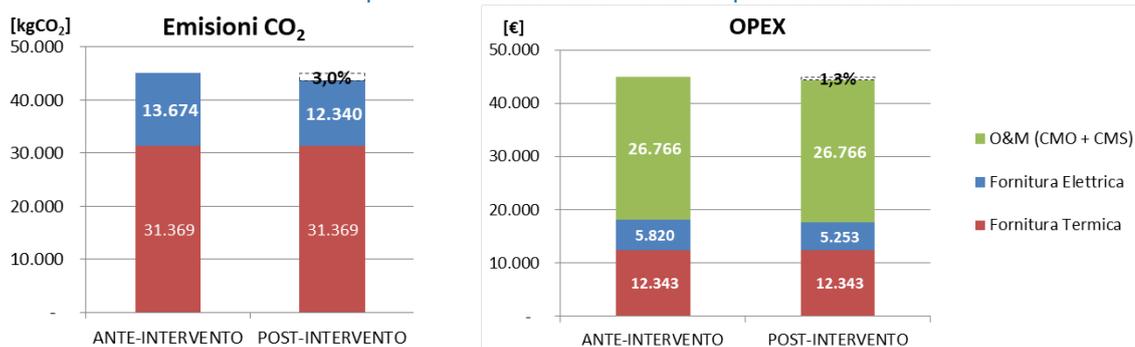
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Efficienza	[lm/W]	84	150	-78,6%
Q _{teorico}	[kWh]	160.118	160.118	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	30.444	27.474	9,8%
Q _{baseline}	[kWh]	155.293	155.293	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	29.280	26.423	9,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.369	31.369	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.674	12.340	9,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	45.043	43.709	3,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.343	12.343	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.820	5.253	9,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.164	17.596	3,1%
C _{MO}	[€]	21.183	21.183	0,0%
C _{MS}	[€]	5.583	5.583	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	26.766	26.766	0,0%
OPEX	[€]	44.929	44.362	1,3%
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,199 [€/kWh]

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

8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Nessuna EEM prevista in quanto non sussistono le condizioni per la realizzazione di un impianto a fonti rinnovabili oltre a quelle per l'installazione di un impianto fotovoltaico già presente.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: sostituzione dei serramenti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei serramenti.

Tabella 9.1– Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.110	710	m ^q	10,15	9,23	6.551,36	22%	7.992,66
Finestra o portaf. in legno apert. ad una o due ante ribalta	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A20.020	710	m ^q	301,07	273,70	194.327,00	22%	237.078,94
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	710	m ^q	47,62	43,29	30.736,55	22%	37.498,59
Costi per la sicurezza	-	3%	%			6.948,45	22%	8.477,11
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			16.213,04	22%	19.779,91
TOTALE (I₀ – EEM1)						254.776,40	22%	310.827,21
Incentivi	Nessuno. È previsto incentivo solo con la presenza di valvole termostatiche							-
Durata incentivi								-
Incentivo annuo								-

EEM2: sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione ed installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione ed installazione di valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 13.072 euro.

Tabella 9.2– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	130 €/kW
Valore massimo incentivo	40.000 €

Tabella 9.3– Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio, 275Kw	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B10.02 5	1	cad	12.523,50	11.385,00	11.385,00	22%	13.889,70
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 300 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.52 0	1	cad	253,00	230,00	230,00	22%	280,60
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezziario Regione Liguria 40.C10.B10.12 0	1	cad	392,78	357,07	357,07	22%	435,63
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.02 0	5	cad	21,13	19,21	96,05	22%	117,18
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.01 5	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.03 0	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.04 0	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.01 0	1	cad	146,74	133,40	133,40	22%	162,75
Opere edili Operaio Qualificato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.0 30	15	h	34,41	31,28	469,23	22%	572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.02 0	40	h	31,88	28,98	1.159,27	22%	1.414,31
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.	Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.01 5	100	m ³ k m	4,72	4,29	429,09	22%	523,49
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.01 0	78	cad	35,42	32,20	2.511,60	22%	3.064,15

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
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 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.115	1	cad	1.916,48	1.742,25	1.742,25	22%	2.125,55
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 65, PN6-10, prevalenza da 1 a 10 m, portata da 1 a 38 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.140	1	cad	3.491,40	3.174,00	3.174,00	22%	7.046,28
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	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	2	cad	50,06	45,51	91,02	22%	111,04
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	22,69	20,63	20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			659,61	22%	804,72
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.539,09	22%	1.877,69
TOTALE (I₀ – EEM2)						24.185,70	22%	32.680,55
Incentivi	Conto Termico							13.072
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								2.614

EEM3: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Nella Tabella 9. è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di circa 20.612 euro.

Tabella 9.6– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	35 €/m ²
Valore massimo incentivo	70.000 €

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.02.070.0020	219	cad	5,73	5,21	1.140,79	22%	1.391,76
Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione - lampada led 4000K 3700lm potenza 31 W - modulo da 300x1200 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0120.a	105	cad	260,87	237,15	24.901,23	22%	30.379,50
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.c	8	cad	139,50	126,82	1.014,55	22%	1.237,75
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 1600 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.a	80	cad	96,24	87,49	6.999,27	22%	8.539,11
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - bilampada led 4000K 7500 lm potenza 56 W - lunghezza 1600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.f	26	cad	183,70	167,00	4.342,00	22%	5.297,24
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.151,94	22%	1.405,36
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2.687,85	22%	3.279,18
TOTALE (I₀ – EEM3)						42.237,62	22%	51.529,90
Incentivi	Conto termico							20.612
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								4.122

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.

EEM1: Sostituzione dei serramenti

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

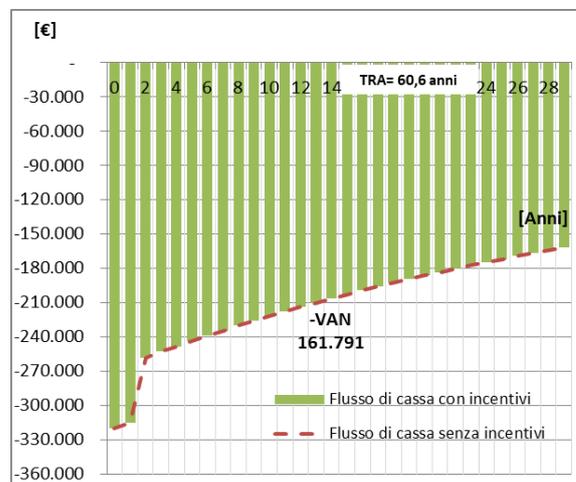
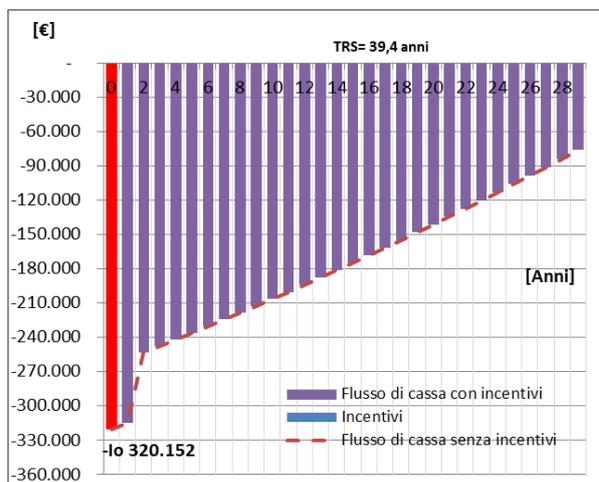
Tabella 9.2 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– sostituzione dei serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	310.827
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	47,0	39,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	65,1	60,6
Valore attuale netto	VAN	- 226.431	- 161.791
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,5%	-2,0%
Indice di profitto	IP	-0,63	-0,52

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 la EEM1 non risulta economicamente vantaggiosa sebbene la sostituzione dei serramenti dell'edificio oggetto di DE è da ritenere prioritario per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

EEM2: Sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.3 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	32.681

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

Oneri Finanziari % ₀	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	2.614
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	1,5	1,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,6	1,5
Valore attuale netto	VAN	238.608	177.916
Tasso interno di rendimento	TIR	62,3%	64,3%
Indice di profitto	IP	8,80	5,44

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

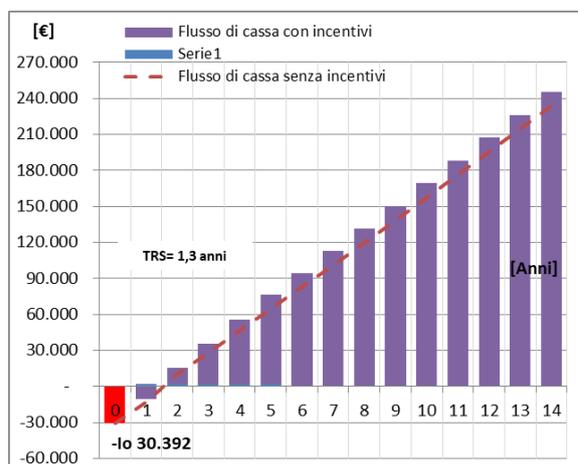
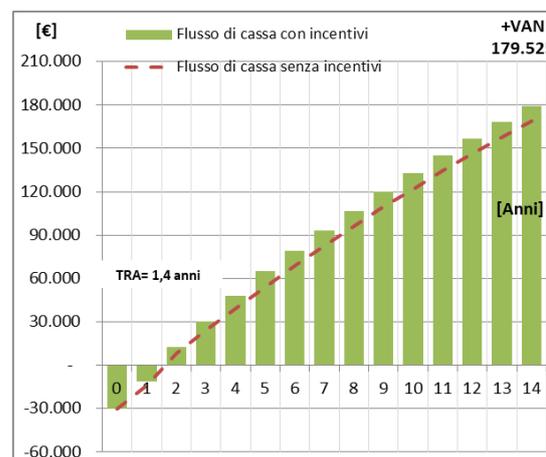


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM2 risulta economicamente vantaggiosa e prioritaria per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

EEM3: Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	51.530
Oneri Finanziari % ₀	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	4.122
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		35,3		12,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA		50,8		14,2
Valore attuale netto	VAN	-	30.432	-	23.207
Tasso interno di rendimento	TIR		-3,0%		-14,4%
Indice di profitto	IP		-0,52		-0,45

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

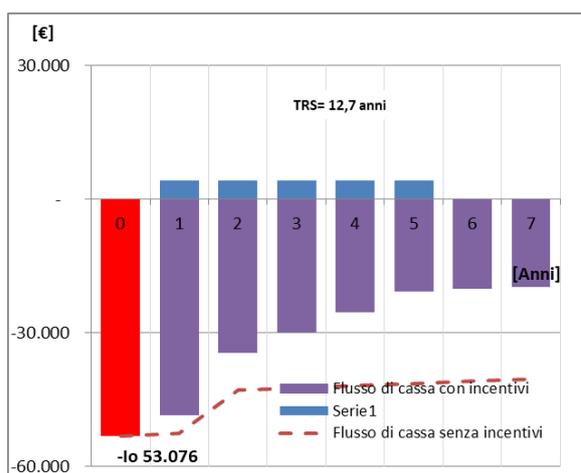
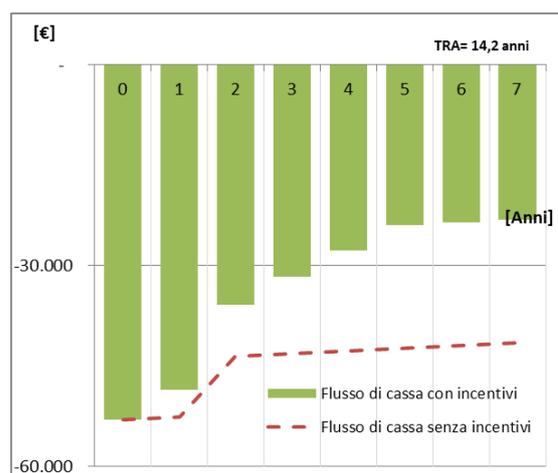


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM3 non risulta economicamente vantaggiosa se paragonata ad una vita utile di 8 anni; l'installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza porterebbe ad una significativa riduzione i consumi di energia elettrica dovuti all'utilizzo dell'impianto di illuminazione interna.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.5 e Tabella 9.6.

Tabella 9.5 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	36,2%	37,1%	6.574	0	0	310.827	>25	>25	30	< 0	-2,0%	-0,52
EEM 2	29,6%	30,3%	5.374	12.710	3.350	32.681	1,4	1,5	15	177.916	64,3%	5,44
EEM 3	3,1%	3,0%	568	0	0	51.530	12,7	14,2	8	< 0	-14,4%	-0,45

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi con un risparmio energetico maggiore e un tempo di ritorno entro i 25 anni risultano essere l'EEM2 e l'EEM3. Gli interventi sull'involucro risultano più onerosi e meno vantaggiosi nell'immediato ma come già riportato in precedenza sarebbero quelli da preferire nell'ottica di un vero efficientamento dell'edificio. Infine si ribadisce che l'intervento sui serramenti che economicamente non risulta sostenibile dal punto di vista energetico potrebbe diventarlo considerando anche la componente sicurezza.

Tabella 9.6 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% Δ_{CO2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	36,2%	37,1%	6.574	0	0	310.827	>25	>25	30	< 0	-2,0%	-0,52
EEM 2	29,6%	30,3%	5.374	12.710	3.350	32.681	1,6	1,7	15	166.277	57,1%	5,09
EEM 3	3,1%	3,0%	568	0	0	51.530	>25	>25	8	< 0	-36,1%	-0,81

Dall'analisi dei risultati emerge che considerando gli incentivi del conto termico i tempi di ritorno degli investimenti diminuiscono in modo proporzionale; l'intervento sull'involucro non risulta economicamente vantaggioso poiché è previsto l'incentivo del Conto termico solo se in presenza di regolazione del sistema di riscaldamento mediante valvole termostatiche.

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

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

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

Per fattibilità economica delle soluzioni integrate si intendono 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: EEM2 + EEM3:** Tale scenario consiste nella sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione, installazione delle valvole termostatiche e installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.
- **Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3:** Tale scenario consiste nella sostituzione degli infissi, nella sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione, installazione delle valvole termostatiche e installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.

9.3.1 Scenario 1: EEM2 + EEM3

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

- EEM 2: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche
- EEM 3: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.

Tabella 9.7 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

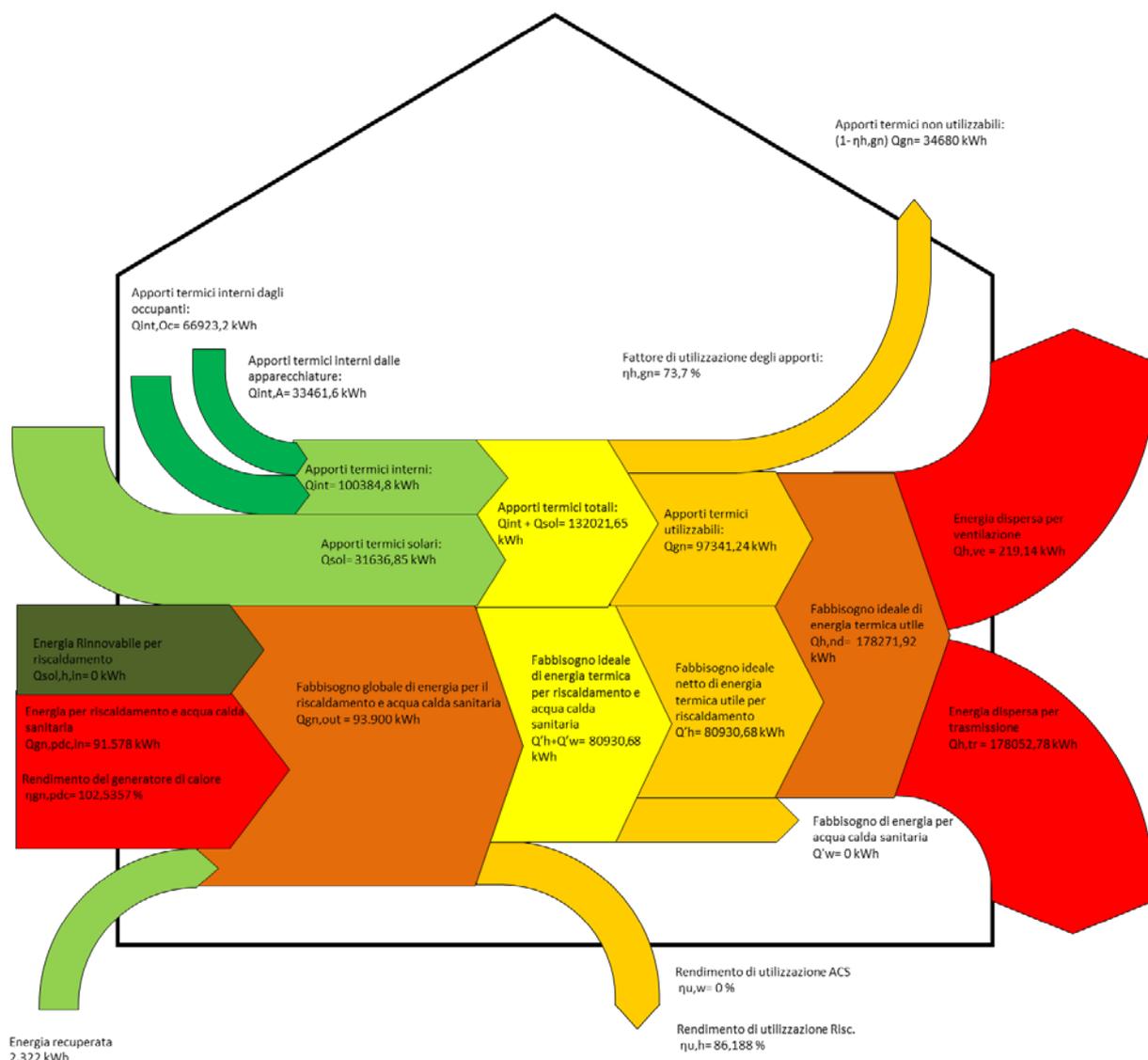
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	21.987	4.837	26.824
EEM3 Fornitura & Posa	38.398	8.448	46.845
Costi per la sicurezza	1.812	399	2.210
Costi per la progettazione	4.227	930	5.157
TOTALE (I₀)	66.423	14.613	81.036
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	12.710	3.350	16.060
EEM3 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	12.710	3.350	16.060
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	26.596	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		5.314	

Tabella 9.8– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	40%
Costo massimo ammissibile per EEM2	130 €/kWt
Costo massimo ammissibile per EEM3	35 €/m ²
Valore massimo incentivo EEM2	40.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	70.000 €

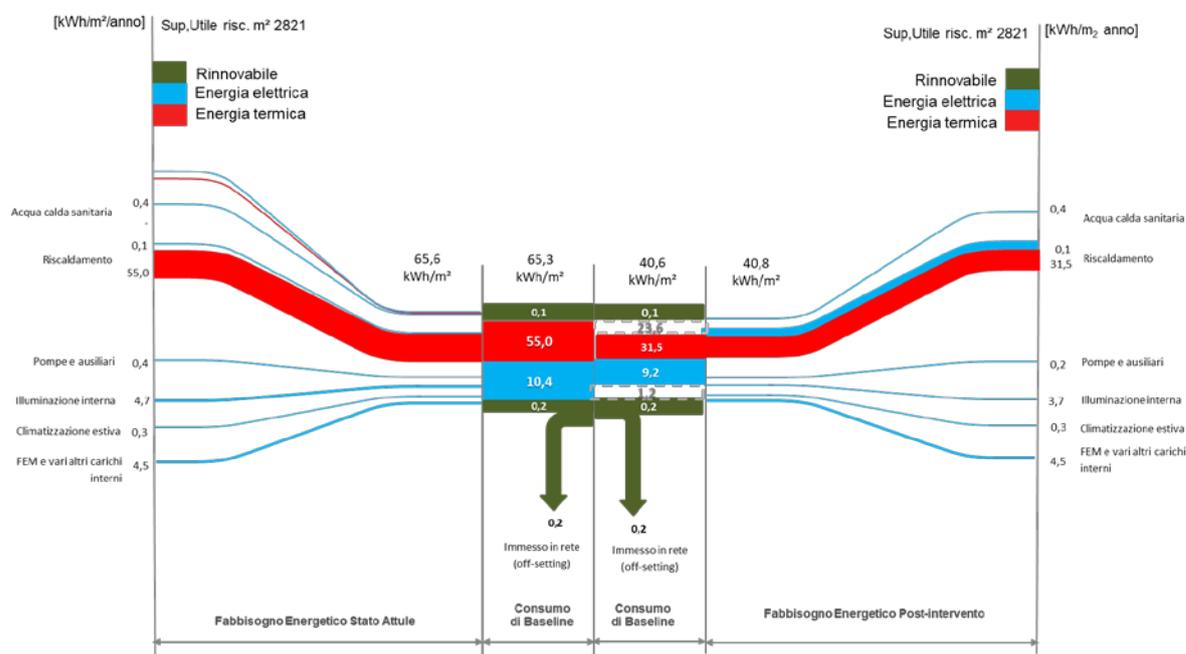
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 il rendimento del generatore di calore è 103% ed è presente energia recuperata. Il rendimento di utilizzazione per il riscaldamento è 87%.

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



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.9 e nella Figura 9.9

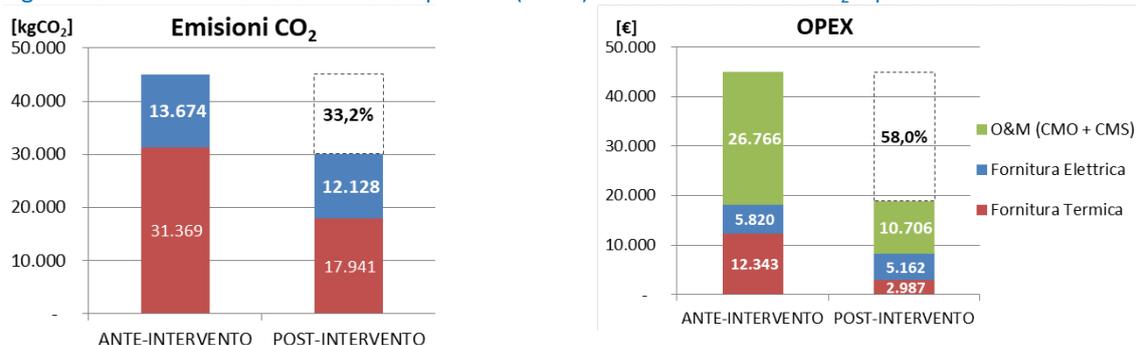
Tabella 9.9 – Risultati analisi SCN1 – EEM1+EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 Rendimento	[%]	83	216	-160,2%
EEM3 Efficienza	[lm/W]	84	150	-78,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	160.118	91.578	42,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	30.444	27.002	11,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	155.293	88.818	42,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	29.280	25.970	11,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.369	17.941	42,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.674	12.128	11,3%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	45.043	30.069	33,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12.343	7.059	42,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.820	5.162	11,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.164	12.222	32,7%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	21.183	8.473	60,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	5.583	2.233	60,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	26.766	10.706	60,0%
OPEX	[€]	44.929	22.928	49,0%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,199 [€/kWh]

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

 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 9.10, Tabella 9.11 e Tabella 9.12 e nelle successive figure.

Tabella 9.10 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1–EEM2+EEM3

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		5
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	81.036
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	2.431
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	83.468
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	66.774
Equity	I_E	€	16.694
Fattore di annualità Debito	FA_D		4,55
Rata annua debito	q_D	€	14.691
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	73.455
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	6.681

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	14.888
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	21.939
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	36.827
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		32,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		60,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	16.744
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.841
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	81.006
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	21.578
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		191,30%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	11.405
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	477
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	3.020
Canone O&M €/anno	CnM	€	9.112
Canone Energia €/anno	CnE	€	10.971
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	20.083
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	14.903
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	34.986
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	14.613
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	26.569
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.12 – 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.		4,51
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		4,88
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	111.932
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		24,49%
Indice di Profitto	IP		138,13%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,11
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,38
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	76.444
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		65,84%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,329
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		4,330
Indice di Profitto Azionista	IP		94,33%

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



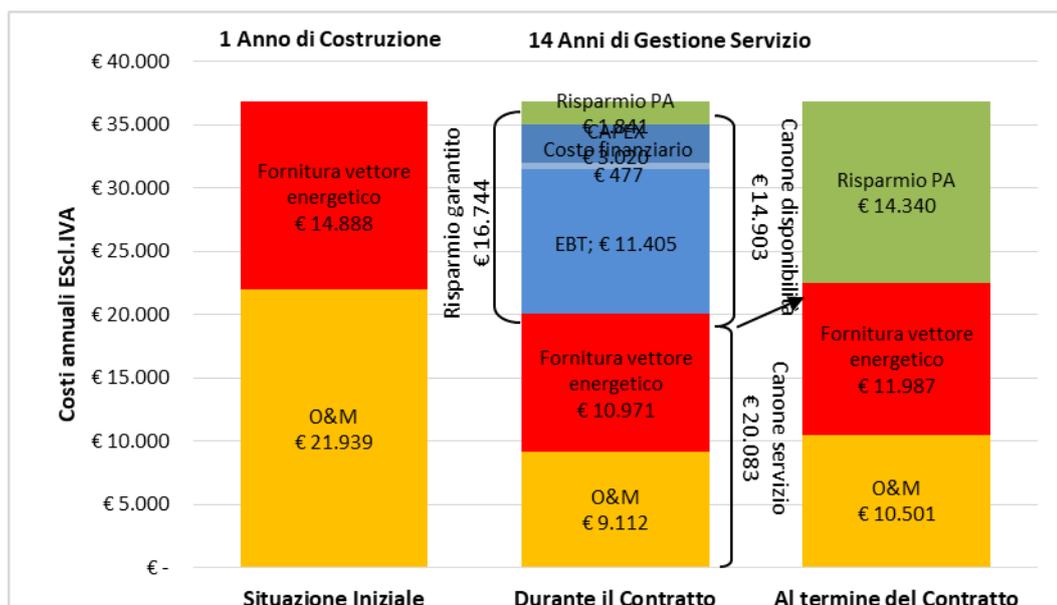
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo Scenario 1 risulta conveniente ma avviene solo il salto di 1 classe energetica.

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



9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3

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

- EEM 1: sostituzione dei serramenti
- EEM 2: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche
- EEM 3: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

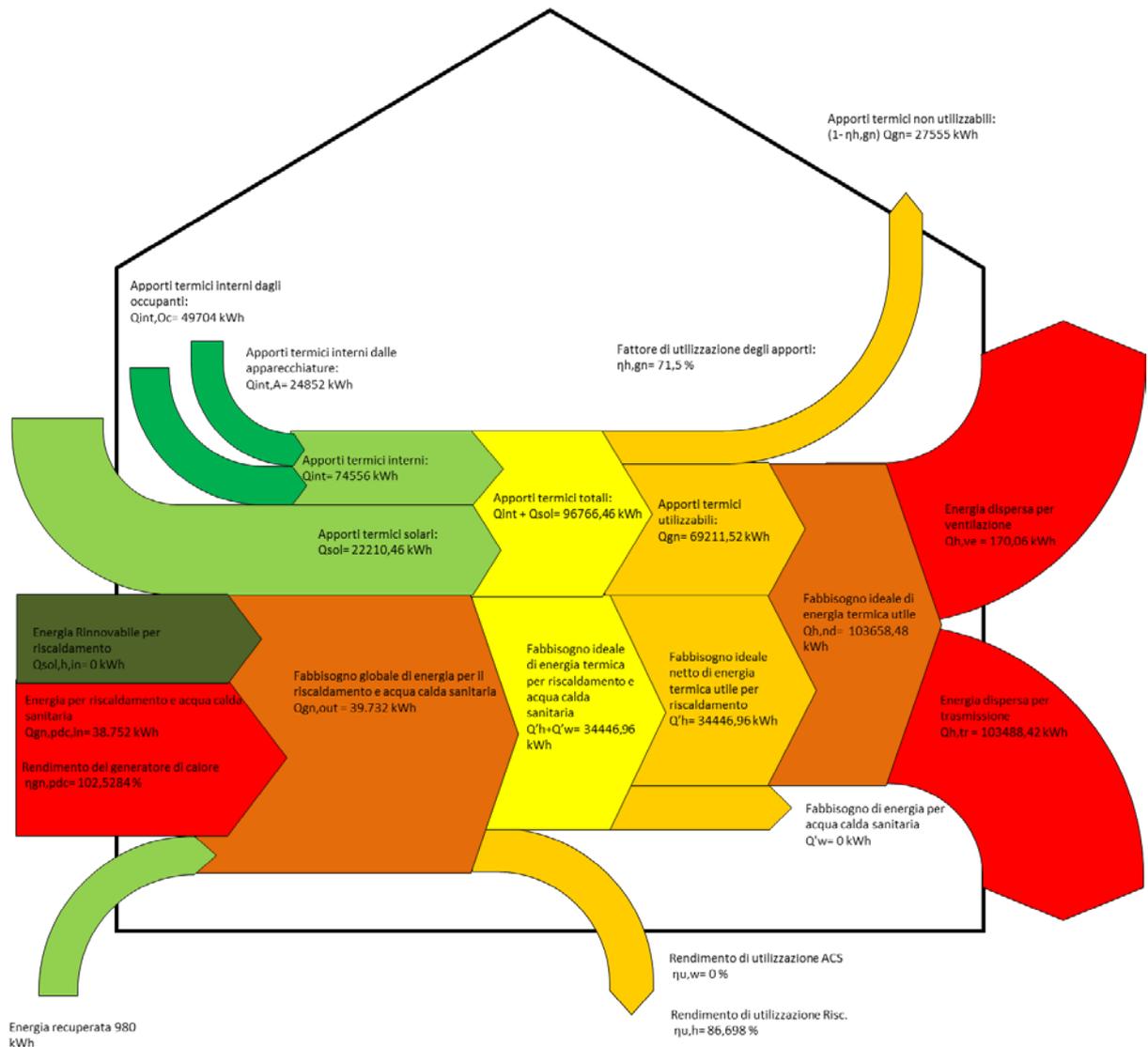
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	231.615	50.955	282.570
EEM2 Fornitura & Posa	21.987	4.837	26.824
EEM3 Fornitura & Posa	38.398	8.448	46.845
Costi per la sicurezza	8.760	1.927	10.687
Costi per la progettazione	20.440	4.497	24.937
	321.200	70.664	391.864
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	12.710	3.350	16.060
EEM3 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	12.710	3.350	16.060
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	130.197	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		26.039	

Tabella 9.14– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM1 e EEM2	55%
Percentuale spesa ammissibile per EEM3	40%
Costo massimo ammissibile per EEM1	450 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM2	130 €/kWt
Costo massimo ammissibile per EEM3	35 €/m ²
Valore massimo incentivo EEM1	100.000 €
Valore massimo incentivo EEM2	40.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	70.000 €

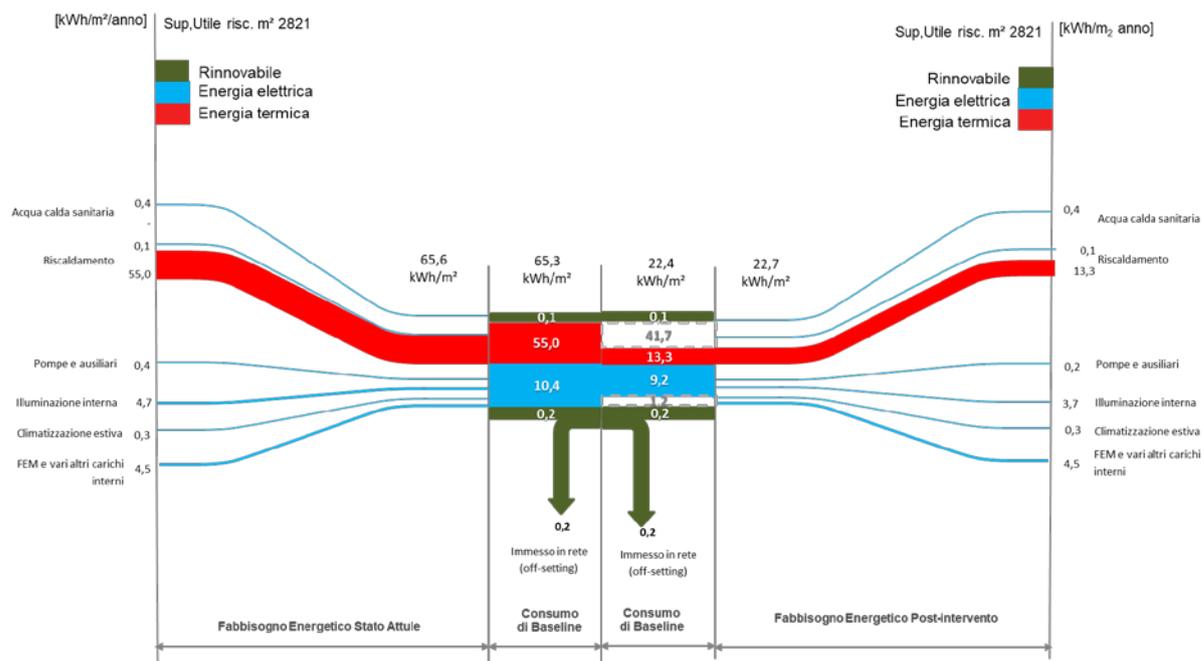
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 il rendimento del generatore di calore è 103%. Il rendimento di utilizzazione per il riscaldamento è 87%.

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



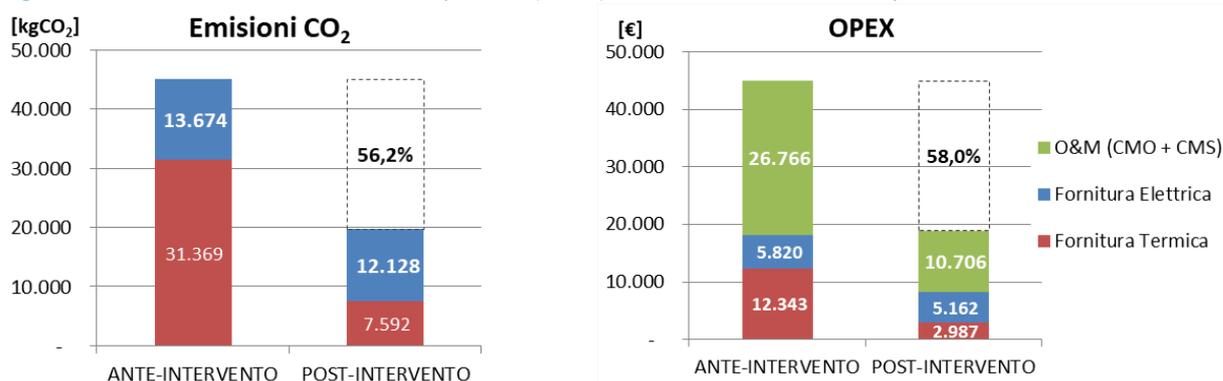
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.15 e nella Figura 9.15.

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2 +EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza	[%]	5,0	1,5	70,0%
EEM2 Rendimento	[%]	83	216	-160,2%
EEM3 Efficienza	[lm/W]	84	150	-78,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	160.118	38.752	75,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	30.444	27.002	11,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	155.293	37.585	75,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	29.280	25.970	11,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	31.369	7.592	75,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.674	12.128	11,3%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	45.043	19.720	56,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12.343	2.987	75,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.820	5.162	11,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.164	8.150	55,1%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	21.183	8.473	60,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	5.583	2.233	60,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	26.766	10.706	60,0%
OPEX	[€]	44.929	18.856	58,0%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,199 [€/kWh]

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 Tabella 9.11 e Tabella 9.18 Tabella 9.12 e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2–EEM1+EEM2+EEM3

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 391.864
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 11.756
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 403.620
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 322.896
Equity	I_E	€ 80.724
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 38.895
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 388.946
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 66.050

E1336 – Scuola Media Sampierdarena

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	14.888
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€	21.939
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	36.827
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		55,1%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		60,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	19.697
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.841
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	180.735
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	28.822
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		39,58%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	6.656
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	2.752
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	8.448
Canone O&M €/anno	CnM	€	9.346
Canone Energia €/anno	CnE	€	7.784
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	17.130
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	17.856
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	34.986
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	70.664
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	130.197
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.		11,80
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		17,93
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	51.968
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		5,81%
Indice di Profitto	IP		13,26%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		15,51
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		22,34
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	5.928
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		9,99%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		0,991
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,570
Indice di Profitto Azionista	IP		1,51%

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



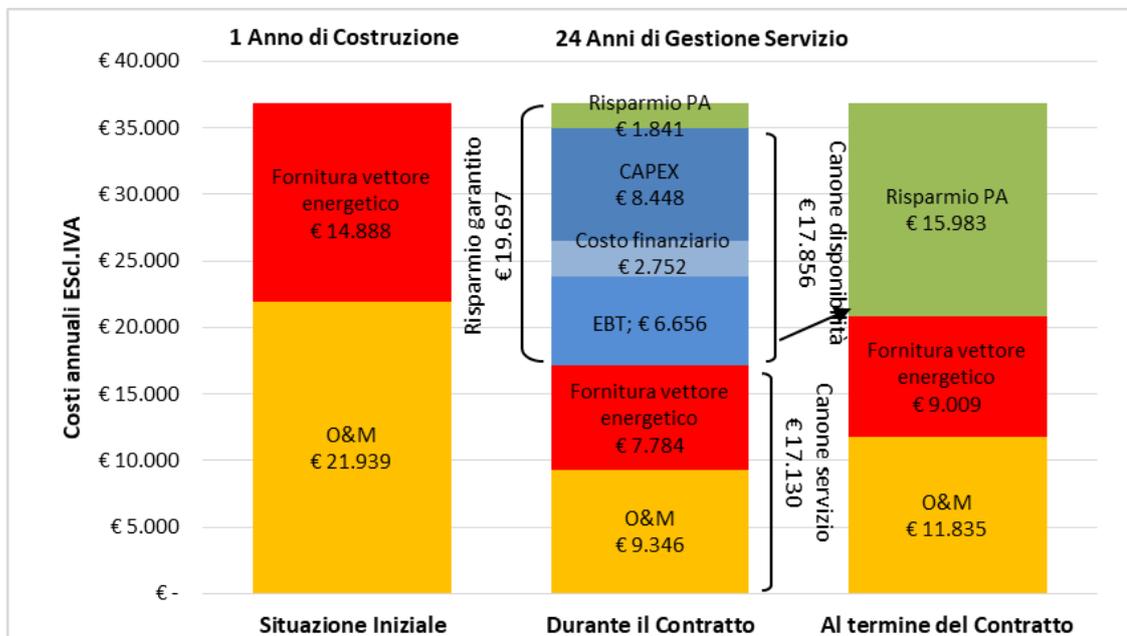
Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo Scenario 2 risulta conveniente ma il DSCR è minore di 1,3.

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



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE è BUONO sia per l'indice IEN_R che per l'indice IEN_E.

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,8	5,1	5,4	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	7,7	7,8	9,2

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 1 classe energetica mediante la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche e installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante la sostituzione dei serramenti, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche e installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti:

- lo scenario 1 risulta conveniente sia con gli incentivi sia senza gli incentivi con LLRC maggiore di 1 ma con DSCR maggiore di 1,3 sono nel caso con incentivi
- lo scenario 2 risulta conveniente solo con gli incentivi con LLRC maggiore di 1 ma con DSCR minore di 1,3.

CON INCENTIVI														
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	32,7%	33,2%	4.870	10.418	2.746	81.036	2,1	2,4	15	76.444	65,8%	0,943	1,33	4,33
SCN 2	55,1%	56,2%	8.208	10.418	2.746	391.864	15,5	22,3	25	5.928	10,0%	0,015	0,99	1,57
SENZA INCENTIVI														
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	32,7%	33,2%	4.870	10.418	2.746	81.036	2,6	4,5	15	57.481	46,3%	0,71	1,12	3,88
SCN 2	55,1%	56,2%	8.208	10.418	2.746	391.864	23,2	>25	25	<0	1,1%	-0,22	0,68	1,41

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'analisi dei consumi di energia termica ed elettrica e dei possibili scenari di intervento dell'edificio oggetto di DE ha portato alle seguenti conclusioni:

- gli impianti per la produzione e la distribuzione di energia presentano bassi rendimenti
- è stata constatata la presenza di elevate dispersioni di calore dall'edificio
- non è stato constatato un sovrariscaldamento degli ambienti

In questo caso non si ha un impiego di risorse energetiche maggiore di quello necessario ma si sono verificati effetti negativi sul comfort degli utenti, per questo motivo si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da rispettare i vincoli della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con l'Appendice F della norma UNI EN 15378 per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

Per poter massimizzare i benefici delle EEM proposte si suggerisce la realizzazione di campagne di sensibilizzazione degli utenti finali volte a:

- favorire un uso più razionale dell'energia incrementando la consapevolezza delle proprie azioni sul risparmio energetico
- migliorare la gestione dei sistemi di regolazione, come ad esempio le valvole termostatiche, attraverso l'informazione agli utenti circa il loro funzionamento.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
01	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	10/1997	E01336
02	TAVOLA PIANO 1 EDIFICIO	10/1997	PIAN1
03	TAVOLA PIANO AMMEZZATO EDIFICIO	10/1997	PIANA
04	TAVOLA PIANO SEMINTERRATO EDIFICIO	10/1997	PIANSS
05	TAVOLA PIANO 2 EDIFICIO	10/1997	PIAN2
06	TAVOLA PIANO 3 EDIFICIO	10/1997	PIAN3
07	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO	10/1997	PIANC
08	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	10/1997	PIANT
09	TAVOLA PIANO AMMEZZATO EDIFICIO	10/1997	PIANTA
10	SCHEDA CENTRALE TERMICA	05/2017	120-S01-006-CENTRALE TERMICA
11	CENSIMENTO PIANO TERRA	05/2017	L1-042-120-P00
12	CENSIMENTO PIANO 1	05/2017	L1-042-120-P01
13	CENSIMENTO PIANO 2	05/2017	L1-042-120-P02
14	CENSIMENTO PIANO SEMINTERRATO	05/2017	L1-042-120-S01
15	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-120_452_453_454-P00-Checklist
16	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-120_452_453_454-P01-Checklist
17	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	05/2017	L1-042-120_452_453_454-P02-Checklist
18	CENSIMENTO PIANO SEMINTERRATO-CHECKLIST	05/2017	L1-042-120_452_453_454-S01-Checklist
19	FATTURA DEL 06/03/2014	-	5700065497
20	FATTURA DEL 20/03/2014	-	5700098222
21	FATTURA DEL 23/04/2014	-	5700134953
22	FATTURA DEL 27/05/2014	-	5700176198
23	FATTURA DEL 23/06/2014	-	5700214976
24	FATTURA DEL 21/07/2014	-	5700248943
25	FATTURA DEL 08/08/2014	-	5700261513
26	FATTURA DEL 12/09/2014	-	5700291175
27	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345592
28	FATTURA DEL 13/11/2014	-	5700373692
29	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411925
30	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700492869
31	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544104
32	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750082199
33	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544104
34	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750082199
35	FATTURA DEL 07/05/2015	-	E000140845
36	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163930
37	FATTURA DEL 03/06/2015	-	E000175673
38	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337523
39	FATTURA DEL 01/07/2015	-	E000234066
40	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281521
41	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163930
42	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386677
43	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281521
44	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337523
45	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386677
46	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337523
47	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163930
48	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386677
49	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163930
50	FATTURA DEL 02/11/2015	-	E000432864
51	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483583
52	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018558
53	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483583
54	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018558

*E1336 – Scuola Media Sampierdarena*

55	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084137
56	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018558
57	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084137
58	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163930
59	FATTURA DEL 16/06/2016	-	E000310246
60	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150591
61	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150591
62	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084138
63	FATTURA DEL 01/04/2016	-	E000194174
64	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334605
65	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238238
66	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334605
67	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150591
68	FATTURA DEL 01/04/2016	-	E000194174
69	FATTURA DEL 01/04/2016	-	E000194174
70	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238238
71	FATTURA DEL 01/06/2016	-	E000278555
72	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334605
73	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025275
74	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087943
75	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025275
76	FATTURA DEL 25/07/2016	-	011640048519
77	FATTURA DEL 24/08/2016	-	011640060830
78	FATTURA DEL 26/09/2016	-	011640074903
79	FATTURA DEL 19/12/2016	-	011640126637
80	FATTURA DEL 14/03/2017	-	011740042570
81	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100078
82	FATTURA DEL 16/01/2017	-	011740001581
83	FATTURA DEL 25/08/2015	-	20151547
84	FATTURA DEL 25/08/2015	-	P150007518
85	FATTURA DEL 15/07/2015	-	P150015576
86	FATTURA DEL 18/08/2015	-	P150019771
87	FATTURA DEL 16/09/2015	-	P150032667
88	FATTURA DEL 16/10/2015	-	P150037967
89	FATTURA DEL 16/02/2016	-	P160012671
90	FATTURA DEL 16/03/2016	-	P160023980
91	FATTURA DEL 15/04/2016	-	P160031417
92	FATTURA DEL 06/05/2016	-	EX15066/2016
93	FATTURA DEL 18/05/2016	-	P160041242
94	FATTURA DEL 10/06/2016	-	EX19107/2016
95	FATTURA DEL 04/07/2016	-	EX22893/2016
96	FATTURA DEL 19/07/2016	-	P160053190
97	FATTURA DEL 08/08/2016	-	EX26900/2016
98	FATTURA DEL 05/09/2016	-	EX31010/2016
99	FATTURA DEL 06/10/2016	-	EX33534/2016
100	FATTURA DEL 14/11/2016	-	EX38844/2016
101	FATTURA DEL 12/12/2016	-	EX43773/2016
102	FATTURA DEL 10/01/2017	-	EX03011/2017

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI P00	03/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – ELABORATI P01	03/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – ELABORATI P02	03/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2
04	ALLEGATO B – ELABORATI S01	03/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3
05	ALLEGATO B – ANALISI FATTURE	03/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
06	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
07	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1336 Grafici_Template_rev13

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Il presente allegato è finalizzato ad illustrare l'utilizzo o motivare il mancato utilizzo degli strumenti di diagnostica strumentale dichiarati nella Proposta Tecnica (Relazione illustrativa sulla metodologia di lavoro e gestione della commessa).

RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

Le risorse strumentali in dotazione dedicate all'appalto, descritte nel suddetto documento, sono di seguito elencate.

N.	Strumento
01	DISTANZIOMETRO LASER LEICA Disto A2
02	SPESSIVETRO MERLIN GLAZER GMGlass
03	LUXMETRO DELTA-OHM HD 2102.2
04	TERMOFLUSSIMETRO EXTRATECH THERMOZIG SN20/21/22/23/24
05	TERMOCAMERA FLIR T335
06	TERMOIGROMETRO EXTECH MO297
07	Centralina Microclimatica DELTA-OHM HD 32.3
08	PINZA AMPEROMETRICA FLUKE 345

STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

MISURE METRICHE

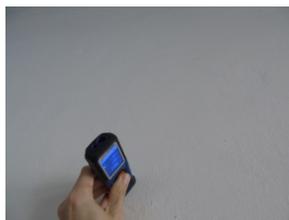
Distanziometro e bindella metrica

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di metro laser e bindella metrica al fine di verificare le misure planimetriche del fabbricato e rilevare le dimensioni dei serramenti, le quote e gli spessori dei componenti edilizi.

A seconda del tipo di misura da rilevare è stato utilizzato il primo o il secondo strumento, sulla base della praticità di impiego.

Tali strumenti, per loro natura, non producono un output ma restituiscono valori da leggere istantaneamente; ad ogni modo il modello tridimensionale dell'edificio elaborato con il software di calcolo è da considerarsi come il risultato delle misure effettuate, riproducendo fedelmente tutte le caratteristiche plani-volumetriche reali.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo degli strumenti durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



Spessivetro

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di uno spessivetro al fine di rilevare le caratteristiche dimensionali dei vetri.

Analogamente alle altre misure metriche, lo strumento, per sua natura, non produce un output ma restituisce valori da visualizzare istantaneamente; gli esiti delle misure sono riportati nel paragrafo 4.1.2.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo dello strumento durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



MISURE ILLUMINOTECNICHE

Durante il sopralluogo non sono stati rilevate palesi situazioni di inadeguatezza del livello di illuminamento e non sono state riscontrate segnalazioni di particolari criticità in merito da parte degli utenti intervistati. Non essendo l'illuminamento un parametro di input della modellazione energetica e non essendo la progettazione illuminotecnica ambito del presente lavoro, si è ritenuto non necessario, stante l'assenza di anomalie, un approfondimento diagnostico attraverso l'utilizzo di un luxmetro.

ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

L'acquisizione dei dati necessari per la diagnosi energetica di un edificio esistente risulta spesso problematica a causa delle difficoltà di reperimento dei dati progettuali. Per questo motivo, in assenza di informazioni precise, risulta indispensabile effettuare delle misure strumentali sul campo. Per quanto concerne la valutazione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio si procede tenendo conto dei seguenti possibili scenari:

Condizione	Metodo
Stratigrafia della struttura nota (sono disponibili i disegni aggiornati del progetto architettonico o della relazione di legge 10/91)	La trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946
Stratigrafia della struttura non nota ma edificio riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie	La trasmittanza viene stimata avvalendosi di opportuni abachi di riferimento (ES: raccomandazioni CTI, norma UNI / TS 11300)
Stratigrafia della struttura non nota	Si esegue un foro nella struttura (endoscopio o carotaggio) per determinare la stratigrafia e si procede al calcolo in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 Si determina la trasmittanza mediante misura in opera (termoflussimetria) in accordo con la norma ISO 9869

Nel caso non sia possibile determinare la stratigrafia della struttura o non siano note le proprietà termofisiche dei materiali utilizzati, il rilievo termoflussimetrico risulta essere l'unica metodologia di indagine non invasiva.

Stima della trasmittanza della muratura dell'edificio oggetto di audit

Nel caso in esame le strutture del fabbricato sono riconducibili a tipologie edilizie di cui si conoscono le stratigrafie, grazie alla ridondanza di informazioni a disposizione:

Tipo di informazione	Dettaglio
Informazioni reperite sull'edificio	Epoca costruttiva
Evidenze di sopralluogo	Riscontro acustico (suono pieno/vuoto) Spessori murari rilevati con bindella metrica
Rilievo termografico	Osservazione diretta della trama muraria attraverso la tecnica della termografia attiva Osservazione indiretta della composizione muraria attraverso l'analisi dei ponti termici caratteristici della tipologia edilizia

RILIEVI TERMOIGROMETRICI

Durante il sopralluogo sono state effettuate misure di temperatura e umidità relativa sia all'esterno sia all'interno degli ambienti, aventi le seguenti finalità:

- 1) individuazione di eventuali anomalie legate al comfort termoigrometrico;
- 2) individuazione di eventuali anomalie legate alla regolazione degli impianti termici;
- 3) quantificazione dei parametri di settaggio della termocamera.

Per quanto concerne i primi due punti, le misurazioni istantanee effettuate tramite il termoigrometro sono risultate congruenti con quanto dichiarato dagli utenti, pertanto non si è ritenuto necessario procedere all'installazione della centralina climatica per acquisire dati in continuo.

Per l'ultimo punto, il termoigrometro rappresenta infine l'unico strumento idoneo, in quanto la termocamera richiede come dati di input i valori di temperatura e umidità relativa registrati istantaneamente al momento del rilievo.

Di seguito si riporta la fotografia che documenta l'utilizzo del termoigrometro durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



MISURE ELETTRICHE

Durante il sopralluogo è stato effettuato un censimento di dettaglio di tutte le utenze elettriche presenti all'interno del fabbricato. Ove possibile sono stati rilevati i dati di targa riportanti la potenza o l'assorbimento nominale. Tali dati sono stati utilizzati, congiuntamente agli orari di utilizzo, per stimare il consumo annuo di ciascuna utenza. Per le apparecchiature sprovviste di targa non è stato ad ogni modo necessario effettuare rilievi strumentali, infatti, trattandosi di dispositivi di comune utilizzo nelle scuole è stato possibile avvalersi di valori di letteratura e/o derivanti dall'esperienza pregressa in attività svolte in edifici aventi una dotazione analoga.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	APE INTERO EDIFICIO	01/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFattoInteroEdificio
02	APE SUB.1	01/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFattoSub1
03	APE SUB.2	01/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFattoSub2

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoH-ApeScenario2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoI-Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoK-SchedeOre

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF SCENARI CON INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	04/2018	DE_Lotto.2-E1336_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

ALLEGATO N – CD-ROM