

Scuola Elementare “S. Giovanni Battista” E0875

Via Andrea del Santo, 20 - Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



D B A PROGETTI

Scuola Elementare “S. Giovanni Battista” E0875

Via Andrea del Santo,20 - Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

DBA Progetti Spa

SEDE OPERATIVA Viale Felissent 20/D - 31020 Villorba (TV)

SEDE LEGALE: Piazza Roma, 19 - 32

[Tel: 04220318811 – info@dbagroup.it – www.dbagroup.it]

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[0]	12/06/2018	Angelo Le Pera	Francesca Bottega	Alessandro Bertino	Prima Pubblicazione
			Matteo Zanutto		
[1]	26/07/2018	Angelo Le Pera	Francesca Bottega	Alessandro Bertino	Revisione come richiesta dalla PA in data 11/07/2018
			Matteo Zanutto		

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

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

INDICE	PAGINA
REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	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>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	32
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	36
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	36
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	37
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	38
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	38
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	42

7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	42
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	42
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	43
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	46
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	47
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	47
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	49
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	49
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	49
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	53
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	54
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	55
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	55
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	62
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	68
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM3+EEM4</i>	70
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+ EEM4:</i>	75
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	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1953
Anno di ristrutturazione		
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.088,93
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.203,87
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	15.031,29
Rapporto S/V	[1/m]	0,35
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.379,58
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	568,21
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.947,79
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a gas
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	700
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	n.p.
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	55,69
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	186.919]
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	14.709
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	38.409
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	7.009

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM1: Isolamento controsoffitto
- EEM2: Cappotto termico
- EEM3: sostituzione corpi illuminanti
- EEM4: installazione di termovalvole
- SCN1: EE3+EE4
- SCN2: EE1+EE2+EE3+EE4

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

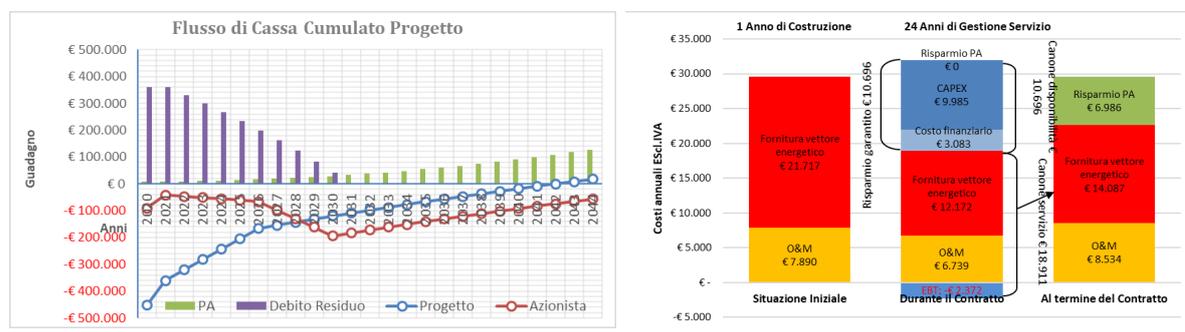
	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MD} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	13%	13%	2.727,2	0,0	0,0	115.339,0	23	36	30	-20.065,80	0,016	-0,174		
EEM 2	22%	22%	4.836,4	0,0	0,0	269.220,0	32	43	30	-85.255,98	-0,005	-0,317		
EEM 3	17%	17%	3.778,3	1.246,7	0,0	13.177,0	3	3	15	35.351,71	0,344	2,683		
EEM 4	4%	4%	879,5	311,7	0,0	41.306,0	11	12	8	-14.852,62	-0,095	-0,360		
SCN 1	21,45%	21%	4.657,7	1.558,4	0,0	54.483,0	8,45	12,46	15	2.555	0.0505	0.0469	1,097	1,032
SCN 2	51,87%	52%	11.264,2	1.558,4	0,0	439.042,0	23,03	53,09	25	-93.756	0,0049	-0,2135	0,772	0,900

E0875 – Scuola Elementare S. Giovanni Battista

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dalle analisi fatte sull'edificio è emerso che l'unico scenario economicamente vantaggioso per entrambi per la PA, è quello che prevede la realizzazione dei due interventi di efficientamento che non vedono modificare le caratteristiche prestazionali dell'involucro del fabbricato.

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 il 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 lefinizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del paramento 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 DBA Progetti Spa, il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Alessandro Bertino, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata a Sud Ovest



In Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit 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

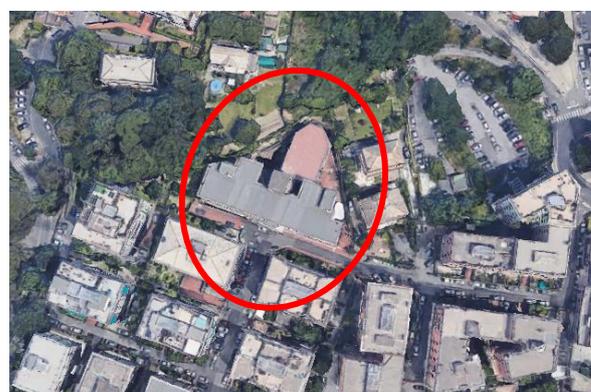
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Maria Giovanna Passaghe	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati e creazione del modello energetico
Gianluca Loddi	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati diagnosi energetica
Angela Sposato	Impiegato tecnico	Gestione rapporti con committenza, Elaborazione dati diagnosi energetica
Francesca Bottega	Responsabile involucro	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Matteo Zanotto	Responsabile impianti	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Alessandro Bertino	EGE	Supervisione attività e approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 56 Mapp. 1232 Sub. 1,2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona di Sestri Ponente.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola primaria. Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche geometriche ed impiantistiche dell'edificio.

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		1953
Anno di ristrutturazione		
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.088,34
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.240,39
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	15.033,42
Rapporto S/V	[1/m]	0,35
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.829,1
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.379,58
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	568,21
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.947,79
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a gas
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	700
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	

Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽²⁾	[t/anno]	55,69
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾	[kWh _{th} /anno]	186.919
Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾	[€/anno]	14.709
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽²⁾	[kWh _{el} /anno]	38.409
Spesa annuale energia elettrica ⁽²⁾	[€/anno]	7.009

Nota (2): Valori di Baseline

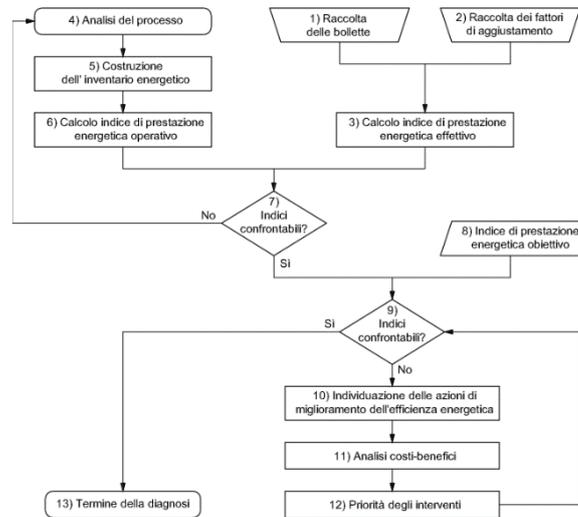
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 14/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Genova-Pegli e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.

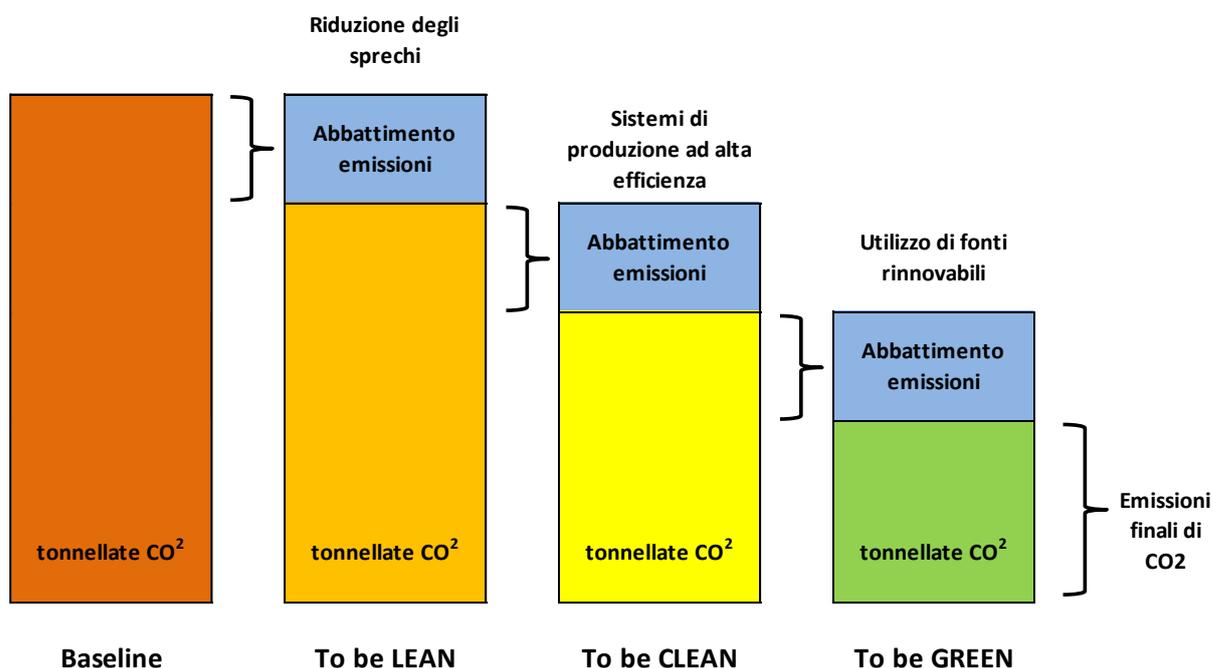
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona F-Servizi, ed in particolare nella sottozona FF, la cui funzione caratterizzante è quella dei servizi pubblici, disciplinata dagli articoli che vanno dall'FF1 all'FF9 riportati nelle Norme di Attuazione di Piano.

La tavola di riferimento è la 26 – “Struttura del Piano – Livello 3”, di seguito riportata.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



LEGENDA	
AMBITI DEL TERRITORIO ESTERNO	AMBITI SPECIFICI
AC-NI ambito di conservazione del territorio non insediato	partici di interesse e paesaggistico
AC-VP ambito di conservazione del territorio di valore paesaggistico e panoramico	unità insediative di
AR-PA ambito di riqualificazione delle aree di produzione agricola	micro area passa
AR-PR (a) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale	ambito con disegni
AR-PR (b) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale	facoltà di protezione e rischio idraulico
AC-CS ambito di conservazione del centro storico urbano	facoltà di protezione a rischio idraulico
AC-VU ambito di conservazione del verde urbano strutturato	area di intervento di risanamento-Provincia - D.C.P.
AC-SIS ambito di conservazione dell'intero urbano storico	ambito portuale
AC-AR ambito di conservazione "Atica Romana"	area di esproprio e infrastrutturale
AC-UJ ambito di conservazione dell'intero urbano	autostrada esistente
AR-UR ambito di riqualificazione urbanistica - residenziale	autostrada di prova
AR-PU ambito di riqualificazione urbanistica produttiva - urbano	fermata e trasporto in sede propria est
AR-PI ambito di riqualificazione urbanistica produttiva - industriale	fermata di provista
AC-DC ambito complesso per la valorizzazione del fronte	trasporto pubblico di provista
SERVIZI PUBBLICI	PERFORMATIVITÀ
SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici	SIS-1 validità pr. massima
SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico	SIS-2 validità pr. di provista
CM SIS-S servizi centralizzati	SIS-3 validità di
I* diritto di trasformazione	noddi infrastrutturale
rete idrografica	area di relazione di
enti amministrativi Municipi	con Intesa L.84/04
enti amministrativi Comune	

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

L'edificio ove è ubicata la Scuola Elementare è stato costruito negli anni '55 ed attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7.

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

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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 4 piani fuori terra, nei quali si sviluppano i vari ambienti a servizio dell'attività didattica. Al piano interrato sono presenti la cucina e il teatro, al piano terra aule e palestra; ai piani superiori sono dislocate le aule scolastiche.

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

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

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

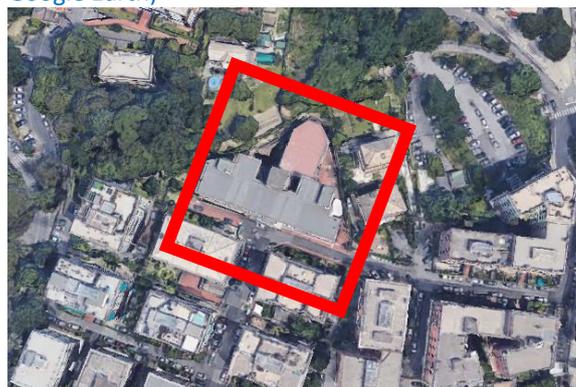


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Cucina, Refettorio, Teatro	[m ²]	1.025,58	483,6	
Terra	Aule, Palestra	[m ²]	990,46	794,9	
Primo	Aule	[m ²]	798,72	603,43	
Secondo	Aule	[m ²]	762,10	601,91	
Terzo	Aule		762,08	604,5	
TOTALE		[m ²]	4.338,94	3.088,34	

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

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

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

L'edificio non è soggetto a vincoli.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

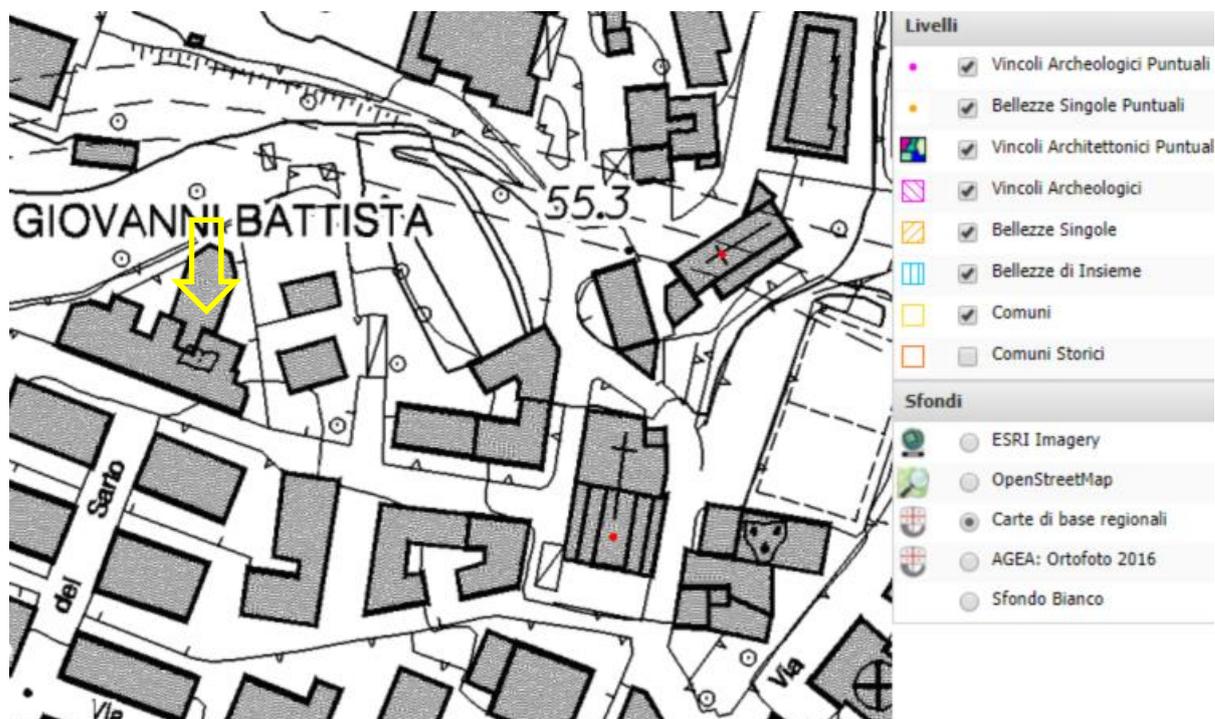


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁵⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM1: Isolamento controsoffitto	Nessun Vincolo		
EEM 2: Cappotto termico	Nessun Vincolo		
EEM 3: Installazione termovalvole	Nessun Vincolo		
EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti	Nessun Vincolo		

Nota (5): 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.

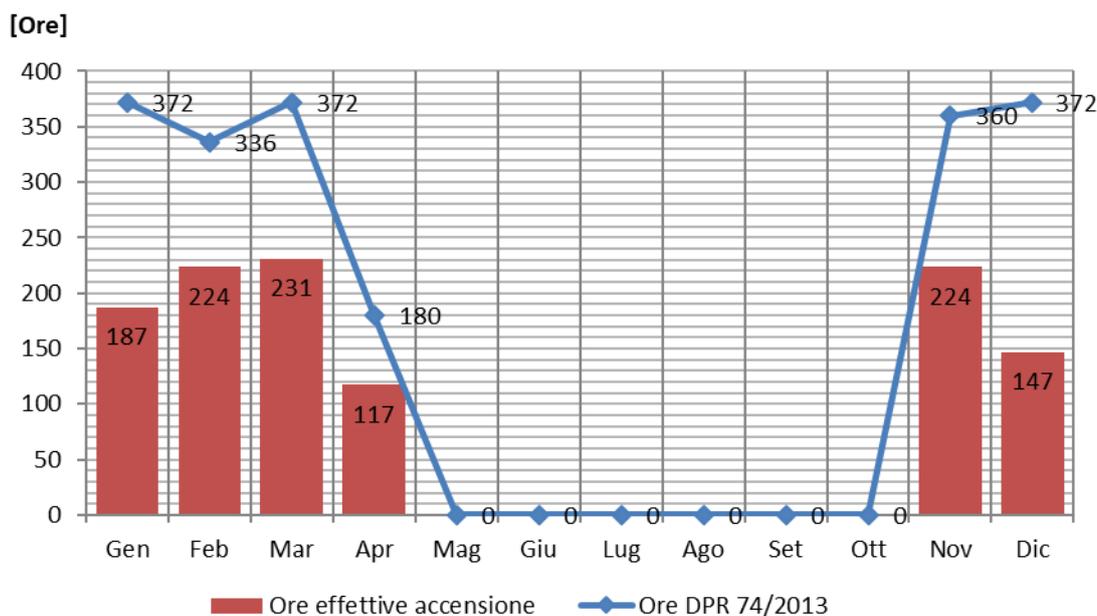
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

Sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 18.00	05:30-16:30
	[sabato e domenica]	Chiuso (a meno di aperture straordinarie)	spento
dal 1 Settembre al 30 Ottobre e dal 16 Aprile al 30 Giugno	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 18.00	spento

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di espletamento delle lezioni, poiché questi vengono spenti al concludersi delle attività didattiche; nella programmazione degli impianti non è invece considerata la presenza di operatori all’interno della struttura oltre l’orario di lezione per cui gli impianti si spengono prima della totale assenza di persone all’interno del fabbricato.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l’affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l’assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi. Tale contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 ed ha una durata di 6 anni.

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

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 867 GG calcolati su 103 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	17	163	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	22%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	22%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	50	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0	0	0
Giugno	30	22,4	-	-	10	0	0	0
Luglio	31	24,6	-	-	-	0	0	0
Agosto	31	23,6	-	-	-	0	0	0
Settembre	30	22,2	-	-	20	0	0	0
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	0	0
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	136	16%
Dicembre	31	10	31	310	15	14	137	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	198	103	867	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 di Genova Pegli, indicata in rosso nella Figura 3.1

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è risultata essere quella più vicina al sito oggetto di studio.

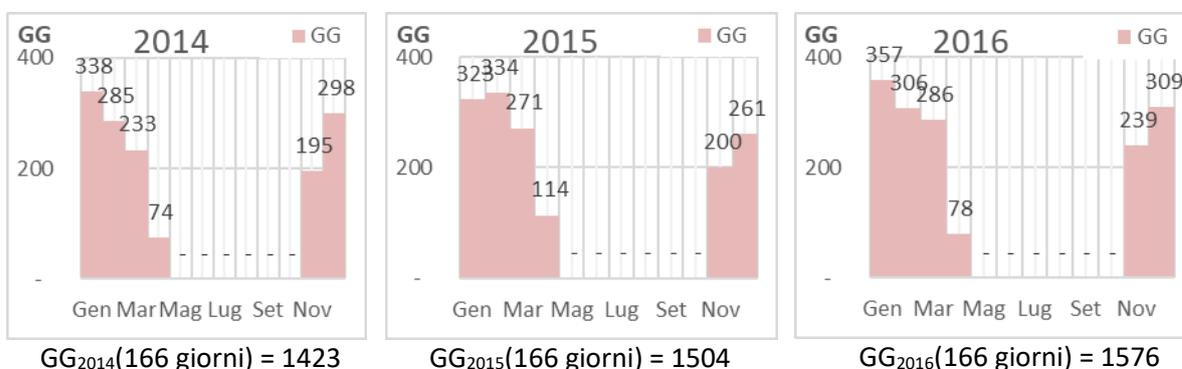
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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



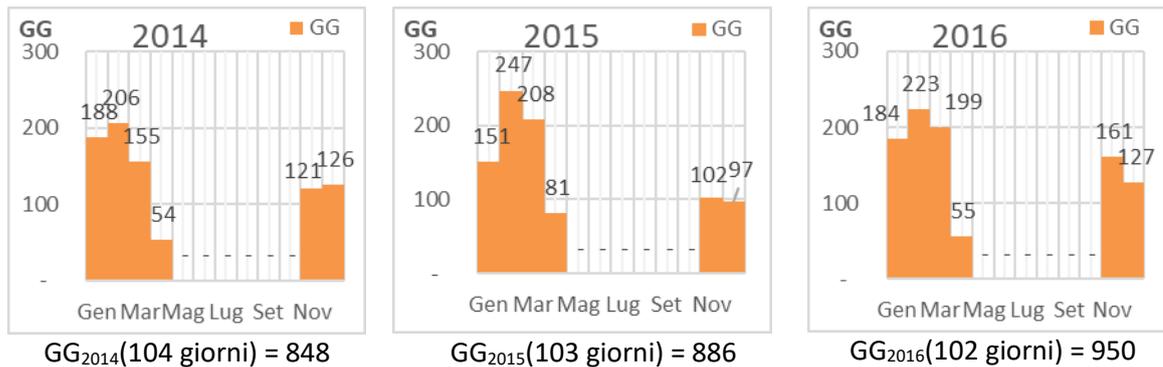
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3 i GG reali sono stati ricalcolati in funzione

del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 867 GG calcolati su 103 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG è aumentato nel triennio di riferimento, con un delta di circa 100GG tra il 2014 ed il 2016.

Il numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico utilizzati in Tabella 3.2 fanno riferimento alla media dei tre anni oggetto di analisi.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura intelaiata con tamponamenti in laterizio.

Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio, sono infatti presenti ponti termici tra telaio e tamponamento che comportano maggiori dispersioni di calore. La totale assenza di isolante incrementa il fabbisogno termico della struttura cui corrispondono maggiori consumi di combustibile.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



Figura 4.2 - Particolare della porzione di involucro



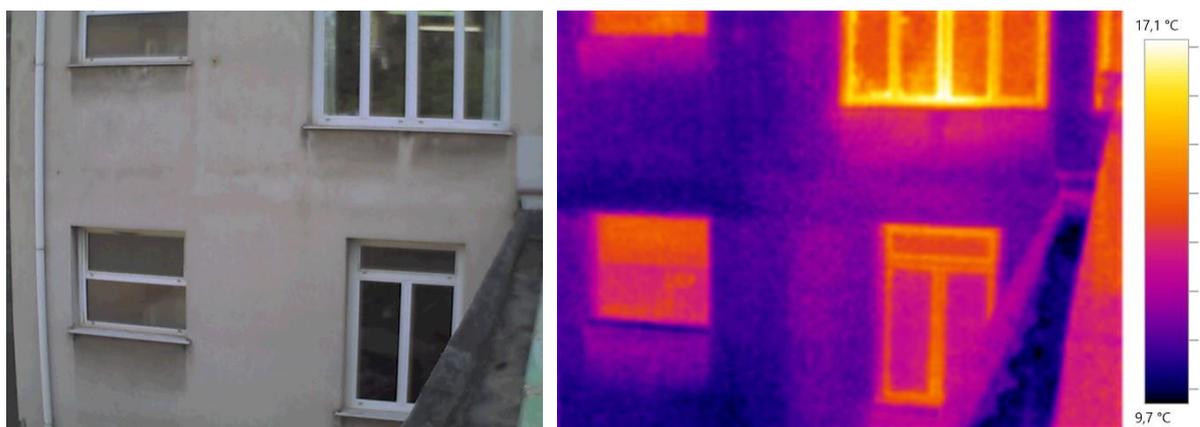
Figura 4.3 - Particolare della facciata Sud - Ovest



- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera facendo attenzione che fossero rispettate le seguenti condizioni:
 - ✓ Condizioni atmosferiche stabili;
 - ✓ Cielo nuvoloso prima e durante la misura (per misure all'aperto);
 - ✓ Assenza di luce solare diretta prima e durante la misura;

- ✓ Assenza di precipitazioni;
 - ✓ Superficie dell'oggetto di misura asciutta e priva di fonti termiche d'interferenza (es. assenza di fogliame sulla superficie);
 - ✓ Assenza di vento o correnti d'aria;
 - ✓ Assenza di fonti d'interferenza nell'ambiente di misura o nel percorso di trasmissione;
 - ✓ La superficie dell'oggetto di misura è ottimale se ha emissività elevata e nota.
- Rilievo visivo e dimensionale dei componenti con l'individuazione degli spessori dei principali componenti.

Figura 4.4 – Rilievo termografico della parete



Le analisi termografiche condotte hanno permesso di identificare le discontinuità di trasmissione termica tra gli elementi opachi di separazione verso l'esterno; ma, considerando le elevate temperature esterne, non è stato possibile utilizzare i dati forniti dall'indagine per definire le effettive prestazioni dei pacchetti costruttivi presenti.

I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica ed all'Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

L'individuazione di questi ultimi è stata fatta consultando fonti bibliografiche dove, in relazione dell'anno di costruzione del fabbricato e delle dimensioni degli elementi, vengono riportate le principali soluzioni costruttive tipiche del periodo considerato con l'indicazione dei relativi valori di trasmittanza termica; i dati ottenuti sono riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	S1	33,7	Assente	1,637	Buono
Parete verticale	M1	50	Assente	1,375	Buono
Pavimento su terreno	P1	52	Assente	0,518	Buono

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti di due diverse tipologie: elementi con telaio in alluminio e vetro singolo presenti nel locale Palestra (risalenti all'anno di realizzazione dell'edificio) ed elementi con telaio in pvc e vetro-camera.

Lo stato di conservazione dei serramenti più datati è molto scarso; questo è causa di rilevanti infiltrazioni d'aria e d'acqua all'interno degli ambienti, causando elevati dispersioni termiche e creando un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.5 - Particolare dei serramenti



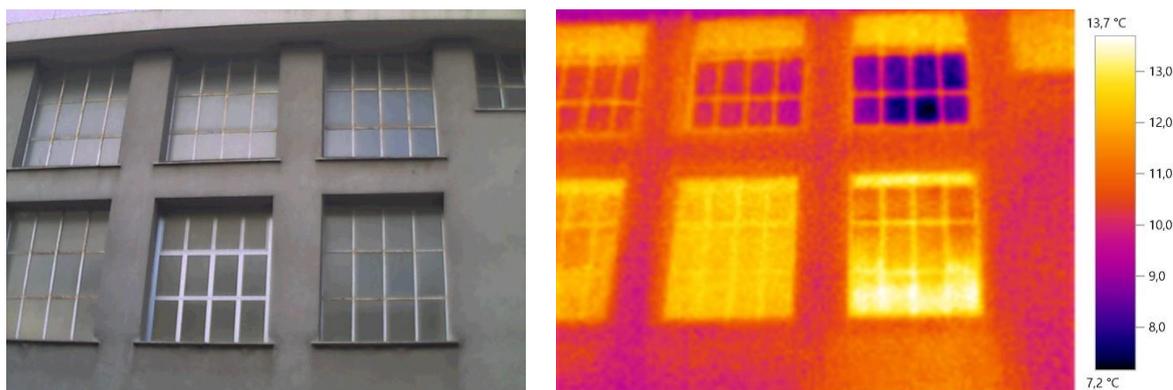
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico;
- Rilievo delle caratteristiche dei vetri per mezzo dello spessivetro;
- Rilievo geometrico/dimensionale

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'irraggiamento diretto ed il conseguente surriscaldamento estivo dei locali è particolarmente limitato grazie alla presenza di tende e schermi interni sulla maggior parte degli elementi trasparenti.
- Il telaio dei serramenti è la parte maggiormente disperdente di tutto l'involucro esterno dell'edificio;
- Lo spessore esiguo del vetro nei serramenti della palestra è causa non solo di maggiori dispersioni termiche ma anche di uno scarso isolamento acustico.

Figura 4.6 – Rilievo termografico dei serramenti del locale Palestra



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

Come per l'involucro opaco, non è stato possibile ricavare dalla sola termografia informazioni circa la possibile trasmittanza termica degli elementi vetrati; si sono quindi "ricostruiti" gli elementi rilevati su appositi software di simulazione (EC700) ricavando così i valori di trasmittanza termica per ogni tipologia di serramento individuata in fase di sopralluogo. I risultati sono riportati nella Tabella 4.2 di seguito riportata.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W1	280X250	PVC	Vetro doppio	2,838	Buono
Serramento verticale	W3	130X170	PVC	Vetro doppio	2,86	Buono
Serramento verticale	W4	500X215	PVC	Vetro doppio	2,874	Buono
Serramento verticale	W6	200X190	PVC	Vetro doppio	2,825	Buono
Serramento verticale	W7	180X250	PVC	Vetro doppio	2,869	Buono
Serramento verticale	W8	160X600	Alluminio	Singolo	6,064	Sufficiente
Serramento verticale	W9	180X90	PVC	Vetro doppio	2,815	Buono
Serramento verticale	W10	170X100	Alluminio	Singolo	6,173	Sufficiente
Portafinestra	D3	270x360	Alluminio	Singolo	6,077	Sufficiente
Serramento verticale	W11	170X190	Alluminio	Singolo	6,109	Sufficiente
Portafinestra	D2	120x360	Legno	Singolo	4,344	Buono
Portafinestra	D5	120x200	PVC	Singolo	4,053	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto termico per il riscaldamento è di tipo centralizzato, costituito da 2 moduli termici in cascata alimentati a gas metano.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito prevalentemente da radiatori in ghisa di diversa dimensione in relazione alla dimensione e alla destinazione d'uso dell'ambiente servito. Limitatamente ai corridoi sono presenti anche elementi in alluminio.

I terminali sono per la maggior parte installati su parete esterna, sotto-finestra.

Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 93%.

Figura 4.7 - Particolare radiatore installato nelle aule



Figura 4.8 – Particolare radiatore installato in Palestra



Figura 4.9 – Particola radiatore in alluminio



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
Zona termica Unica	Radiatore	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Interrato	Radiatore a parete	16	1,21	19,36	n.p.	n.p.
Terra	Radiatore a parete	33	2,33	77,33	n.p.	n.p.
Primo	Radiatore a parete	29	1,77	51,37	n.p.	n.p.
Secondo	Radiatore a parete	27	1,58	42,64	n.p.	n.p.
Terzo	Radiatore a parete	26	2,65	69,13	n.p.	n.p.
TOTALE		131		259,83	n.p.	n.p.

La potenza unitaria dei corpi scaldanti è stata valutata considerando il fabbisogno termico di picco degli ambienti serviti, relazionato al numero di terminali rilevato in fase di sopralluogo.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto è di tipo climatico, ossia fissato il set-point interno di temperatura pari a 20°C, la temperatura di mandata all'impianto viene regolata in modo automatico in funzione della temperatura esterna adeguando l'apporto di calore al fabbisogno termico dell'edificio. Tale risultato si ottiene per mezzo di una centralina comandata da una sonda di temperatura esterna ed una sulla mandata dell'impianto.

L'architettura dell'impianto di climatizzazione prevede una zona termica unica quindi per tutto il fabbricato; la regolazione agisce sull'attivazione di una sola pompa gemellare di mandata dell'impianto.

Figura 4.10 - Particolare della pompa di circolazione

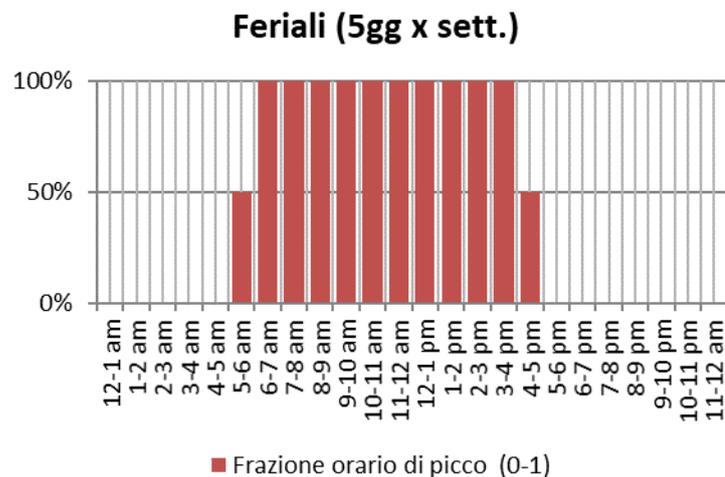


Figura 4.11 – Sonde di temperatura sulla mandata



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

Figura 4.12 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Unica



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Zona termica unica	Climatica	74,6 %

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 un circuito di riscaldamento unico: è presente una pompa di circolazione gemellare a velocità fissa e funzionamento in parallelo che alimenta le 3 colonne montanti che originano dal circuito unico di riscaldamento

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [m]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
GEN1	P1 mandata acqua calda a collettore	47 - 0	6,4 – 0,8	1,05

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

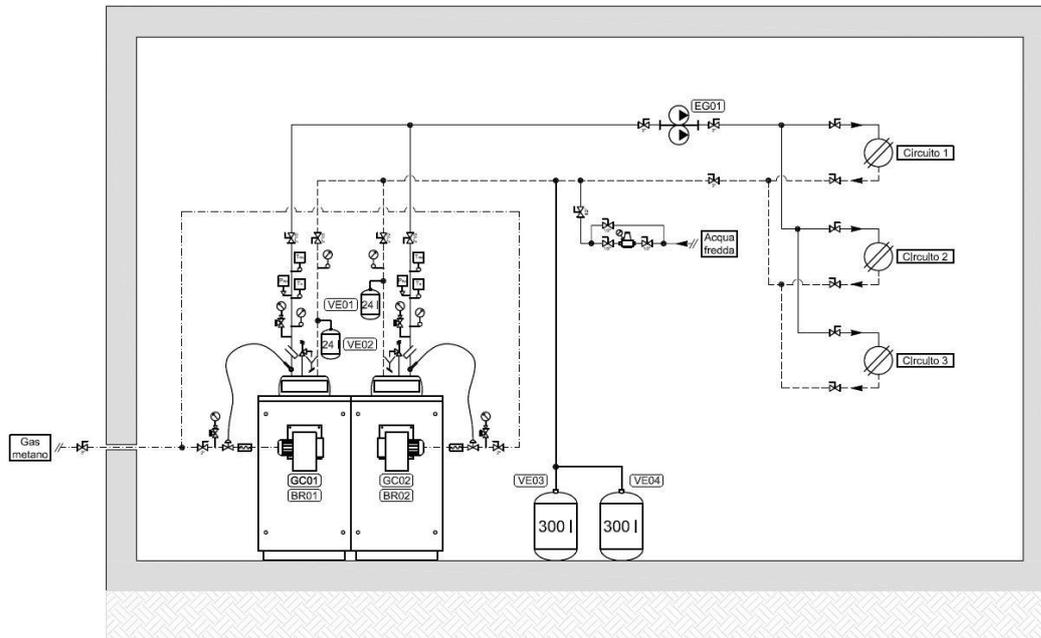
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO	Mandata	Ritorno	TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
GEN1	Caldo	Caldo	38,0	60
			30,0	50

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo. Tali valori non sono stati ritenuti attendibili per cui nella modellazione sono stati assunti valori più elevati.

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare netta differenza tra considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Figura 4.13 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: 067-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 94,3¹ %.

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.

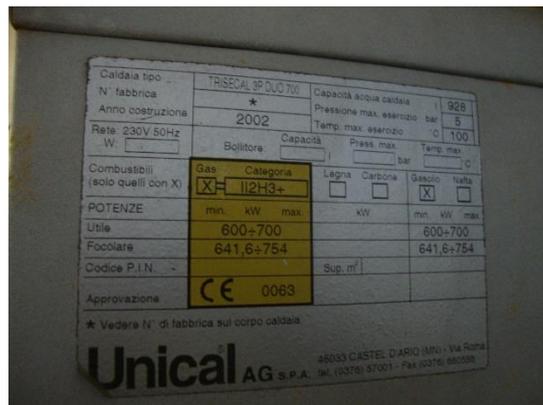
4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da 2 moduli termici in cascata alimentati a gas metano di produzione UNICAL, Modello Trisecal 3P Duo 700

Figura 4.14 - Particolare di Caldaia a gas



Figura 4.15 - Particolare di dati di targa



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽⁷⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽⁷⁾ [kW]	RENDIMENTO ⁽⁷⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽⁷⁾ [kW]	
Gen 1	Riscaldamento	Unical	Trisecal 3P DUO 700	2002	641,6-754	600-700	92,83 %	1.100/1220

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Dall'analisi dei fumi il rendimento di combustione è risultato pari al 93,1% mentre il rendimento da scheda tecnica è pari al 92,83%. Nella DE il rendimento della caldaia è stato assunto pari a 89,22 %.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 82,7²

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.

¹ UNI TS 11300-2 2014

² UNI TS 11300-2 2014

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 3 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale della scuola e degli studenti.

Figura 4.16 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE ⁽⁷⁾	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE ⁽⁷⁾	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE ⁽⁷⁾	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽⁷⁾
100 %	92,6 %			38,5 %	35,6 %

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

Non è presente l'impianto di raffrescamento.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non è presente l'impianto di ventilazione meccanica.

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 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona termica unica	Computer	25	150 W 0,05 W	3.750	300 (1,5h/g per 198 gg)
	Monitor	25	75 W 0,01 W	1.875	300 (1,5h/g per 198 gg)
	Rack dati	1	500 W	500	8760 (24 h/g per 365 gg)
	Multifunzione	7	200 W 0,05 W	1.400	95 (0,5 h/g per 198 gg)
	Distributori automatici	4	600 W	2.400	8760 (24 h/g per 365 gg)
	Centrali di allarme	2	115 W	230	8760 (24 h/g per 365 gg)
	LIM	5	500 W	2.500	300 (1,5h/g per 198 gg)
	Forno a microonde	1	1100 W	1.100	200 (1 h/g per 198 gg)

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Misure di assorbimento elettrico sulle principali linee di alimentazione dei carichi;
- Rilievo dei dati di targa delle utenze installate

La realizzazione delle suddette indagini ha portato a concludere che i principali carichi elettrici del fabbricato sono imputabili al solo impianto di illuminazione poiché durante l'arco della giornata i carichi misurati sono rimasti pressoché costanti.

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è prettamente costituito da lampade fluorescenti di diversa taglia, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Il sistema di gestione dell'impianto di illuminazione è di tipo manuale, con accensione e spegnimento dei corpi illuminanti del tipo on/off e nessuna suddivisione delle accensioni all'interno degli ambienti.

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

PIANO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Piano interrato	Fluorescenti 2x58W	29	116	3.364
	Fluorescenti 1x58W	15	58	870
Piano terra	Fluorescenti 2x58W	42	116	4.872
	Fluorescenti 1x58W	10	58	580
Piano Primo	Fluorescenti 2x58W	47	116	5.452
Piano secondo	Fluorescenti 2x58W	43	116	4.988
Piano terzo	Fluorescenti 2x58W	42	116	4.872
	Fluorescenti 1x58W	6	58	348

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

Non sono presenti impianti di produzione di energia elettrica o di cogenerazione.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, la produzione di ACS e la cucina della mensa è il Gas Metano.

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti e produzione di acqua calda sanitaria;
- Usi cottura;

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano a servizio della mensa si basa sulla base de m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel biennio 2015-2016 mentre quella riferita ai consumi per l'impianto di riscaldamento si basa sulla base de m³ annui di gas metano forniti dalla PA e riportati nel file Excel "kyotoBaseline-E0875rev09" (i valori sono quelli forniti dalla società di distribuzione)

Non sono stati considerati i consumi relativi al 2014 in quanto il sistema di gestione dell'impianto di riscaldamento era differente.

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
03270049256457	Riscaldamento& ACS	-	22.131	19.889	260.981	208.474	187.354
03270020156252	Uso cottura	-	1.565	870		14.742	8.195

Non è stato possibile effettuare un'analisi dei consumi termici fatturati in quanto, il contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprende sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei consumi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.

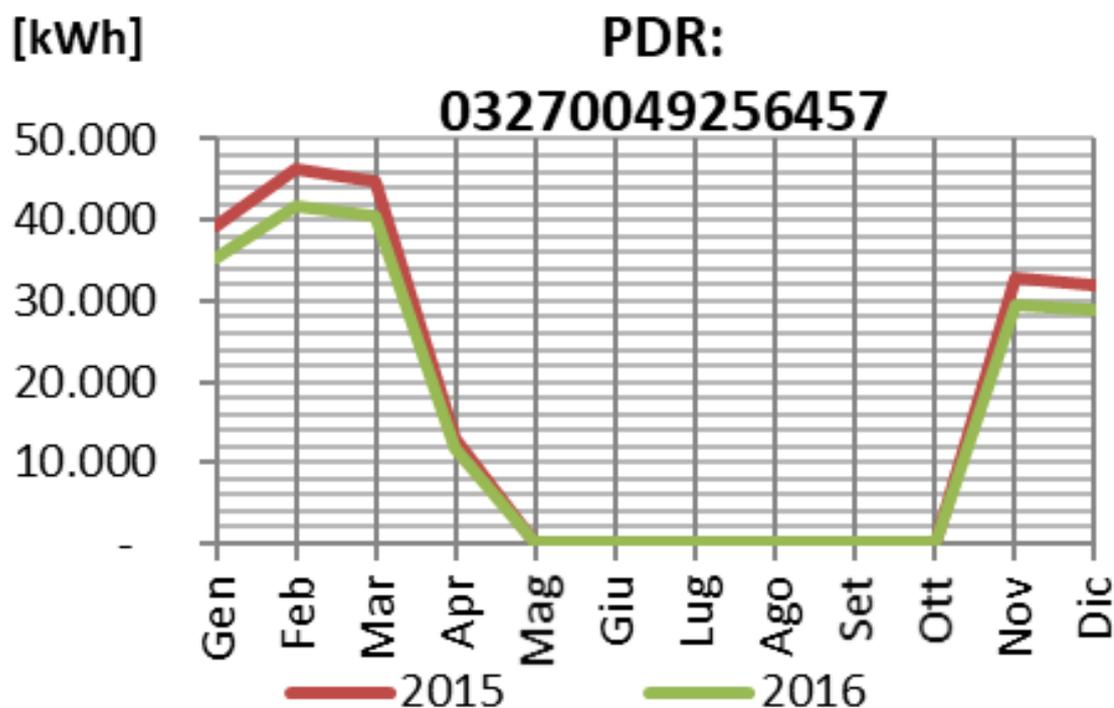
Tuttavia, l'andamento dei consumi stagionali del vettore energetico ad uso riscaldamento è stato desunto dal modello energetico dell'edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui forniti dalla PA ;l'andamento mensile dei consumi è riportato nella Tabella 5.3

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

PDR: 03270049256457	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Mese						
Gen		4.165	3.744	-	39.239	35.264
Feb		4.930	4.431	-	46.444	41.739
Mar		4.770	4.287	-	44.937	40.385
Apr		1.384	1.244	-	13.040	11.719
Mag		-	-	-	-	-
Giu		-	-	-	-	-
Lug		-	-	-	-	-
Ago		-	-	-	-	-
Set		-	-	-	-	-
Ott		-	-	-	-	-
Nov		3.477	3.125	-	32.755	29.437
Dic		3.403	3.058	-	32.058	28.810
Totale	-	22.131	19.889	-	208.474	187.354

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici forniti dalla società di distribuzione



Dall'analisi effettuata è emerso che il PDR relativo all'utenza Cucina ha consumi nulli durante il 2014. I consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione e gli andamenti sono i medesimi nelle due considerate.

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 3.1.

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. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici

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 103 GIORNI	GG_{RIF} SU 103 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 867 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2015	886	867	22.131	208.474	235,3	204.003		
2016	950	867	19.889	187.354	197,2	170.986		
Media	895	867	21010	197914	216	187494		

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento costante dei consumi, con lievi scarti in funzione delle diverse condizioni climatiche esterne e dei profili di funzionamento degli impianti.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kwh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	186.919
$Q_{baseline}$	186.919

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio di tutto il fabbricato.

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione del 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]
IT001E00096229	Scuola elementare e Liceo	36.723	37.773	40.731	38.409

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-E0761rev.09), dal confronto sono emerse le seguenti differenze:

- i dati delle fatture 2014 sono pari a quelli del file kyotoBaseline-E0875
- i dati delle fatture 2015 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0761 del 6,04%
- i dati delle fatture 2016 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0761 del 7,36%

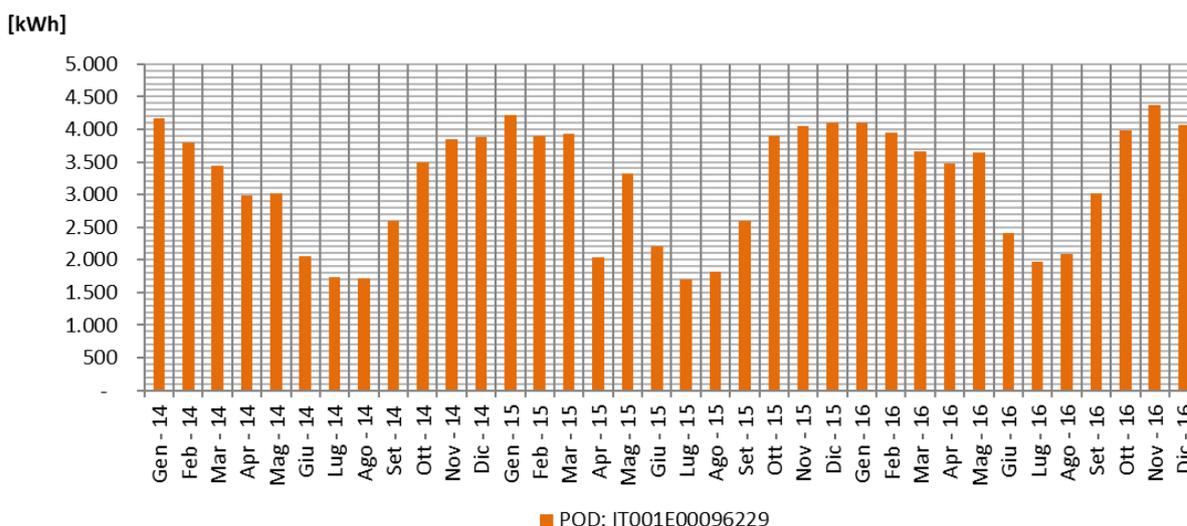
Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 38.409 kWh/anno.

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

POD: IT001E00096229	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Anno 2014				
Gen - 14	2.710	539	914	4.163
Feb - 14	2.587	491	726	3.804
Mar - 14	2.061	530	850	3.441
Apr - 14	1.669	465	843	2.977
Mag - 14	1.636	488	903	3.027
Giu - 14	969	342	736	2.047
Lug - 14	675	366	697	1.738
Ago - 14	581	376	761	1.718
Set - 14	1.381	458	760	2.599
Ott - 14	2.169	518	801	3.488
Nov - 14	2.132	611	1.102	3.845
Dic - 14	2.047	611	1.218	3.876
Totale	20.617	5.795	10.311	36.723
POD: IT001E00096229	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Anno 2015				
Gen - 15	2.426	654	1.134	4.214
Feb - 15	2.379	586	929	3.894
Mar - 15	2.281	610	1.048	3.939
Apr - 15	1.218	305	515	2.038

Mag - 15	1.719	540	1.063	3.322
Giu - 15	961	404	836	2.201
Lug - 15	586	369	744	1.699
Ago - 15	582	390	847	1.819
Set - 15	1.201	459	943	2.603
Ott - 15	2.284	648	958	3.890
Nov - 15	2.441	596	1.013	4.050
Dic - 15	2.350	605	1.149	4.104
Totale	20.428	6.166	11.179	37.773
POD: IT001E00096229	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.350	604	1.148	4.102
Feb - 16	2.405	607	942	3.954
Mar - 16	2.085	574	999	3.658
Apr - 16	1.811	586	1.071	3.468
Mag - 16	2.141	533	976	3.650
Giu - 16	1.070	446	887	2.403
Lug - 16	623	449	898	1.970
Ago - 16	681	461	942	2.084
Set - 16	1.490	585	942	3.017
Ott - 16	2.323	648	1.017	3.988
Nov - 16	2.714	619	1.031	4.364
Dic - 16	2.174	694	1.205	4.073
Totale	21.867	6.806	12.058	40.731

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

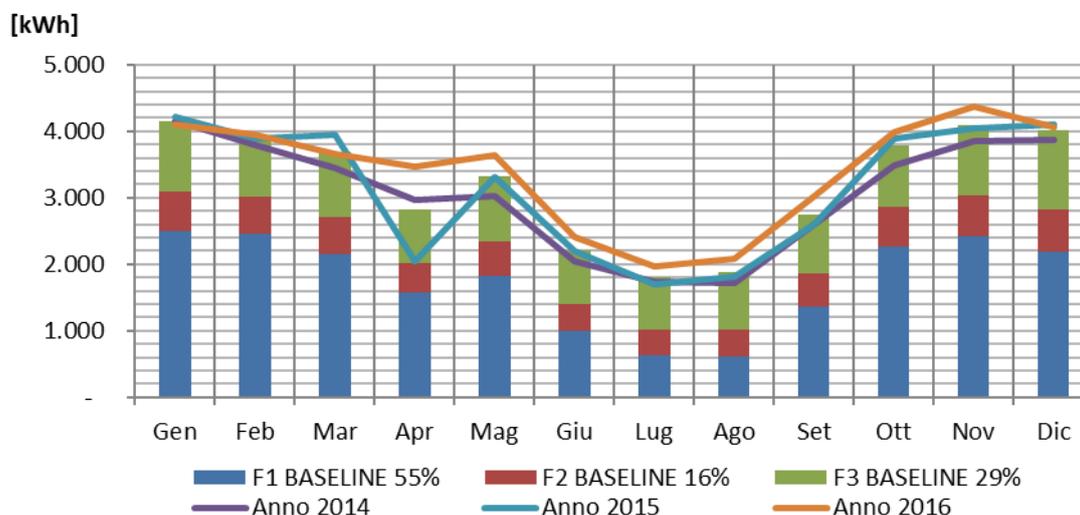
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.495	599	1.065	4.160
Febbraio	2.457	561	866	3.884
Marzo	2.142	571	966	3.679
Aprile	1.566	452	810	2.828
Maggio	1.832	520	981	3.333
Giugno	1.000	397	820	2.217
Luglio	628	395	780	1.802
Agosto	615	409	850	1.874
Settembre	1.357	501	882	2.740
Ottobre	2.259	605	925	3.789
Novembre	2.429	609	1.049	4.086
Dicembre	2.190	637	1.191	4.018
Totale	20.971	6.256	11.183	38.409

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

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



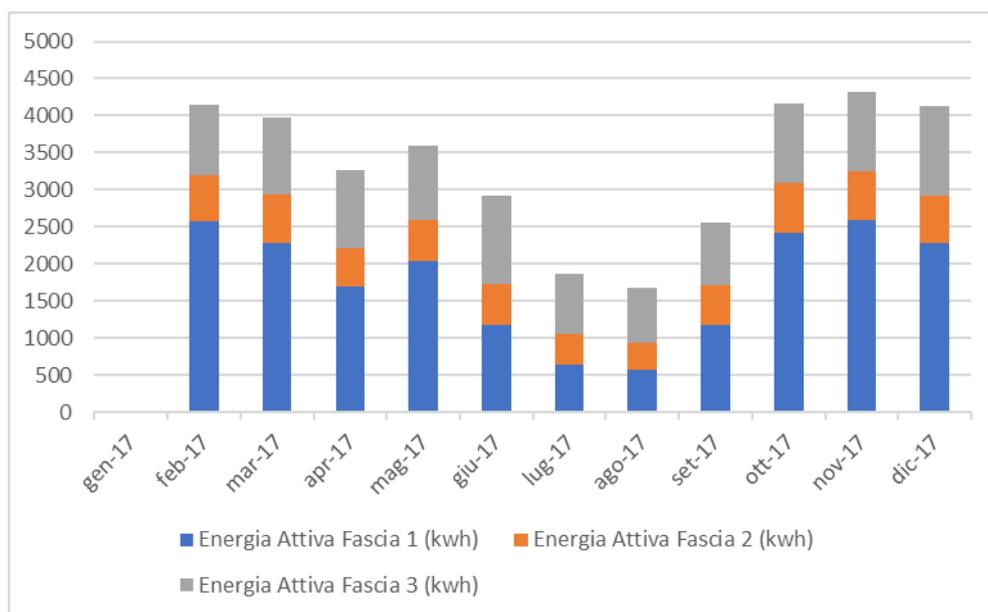
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti omogenei con punte nei mesi invernali e consumi minimi durante i mesi estivi.

Per il sito non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non erano disponibili le informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica in quanto è presente un contatore con potenza inferiore a 55 kW.

E' presente una base costante di circa 1700 kWh costituita dai consumi dei distributori automatici e della centrale di allarme e del rack dati che hanno un funzionamento continuo durante l'anno.

Di seguito è riportato l'andamento mensile dei consumi relativa al 2017 ottenuto dalle letture reali registrate dalla società di distribuzione.

Figura 5.4 Profili mensili elettrici reali 2017



I dati relativi alle letture reali nel 2017 confermano gli andamenti riportati in Figura 5.3. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

L'esito della DE deve inoltre consentire la valutazione del fabbisogno energetico caratteristico del sistema edificio-impianto ed individuare gli indicatori specifici di performance energetica ed ambientale caratteristici della prestazione energetica dell'edificio, rispetto ai consumi energetici reali. I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

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

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

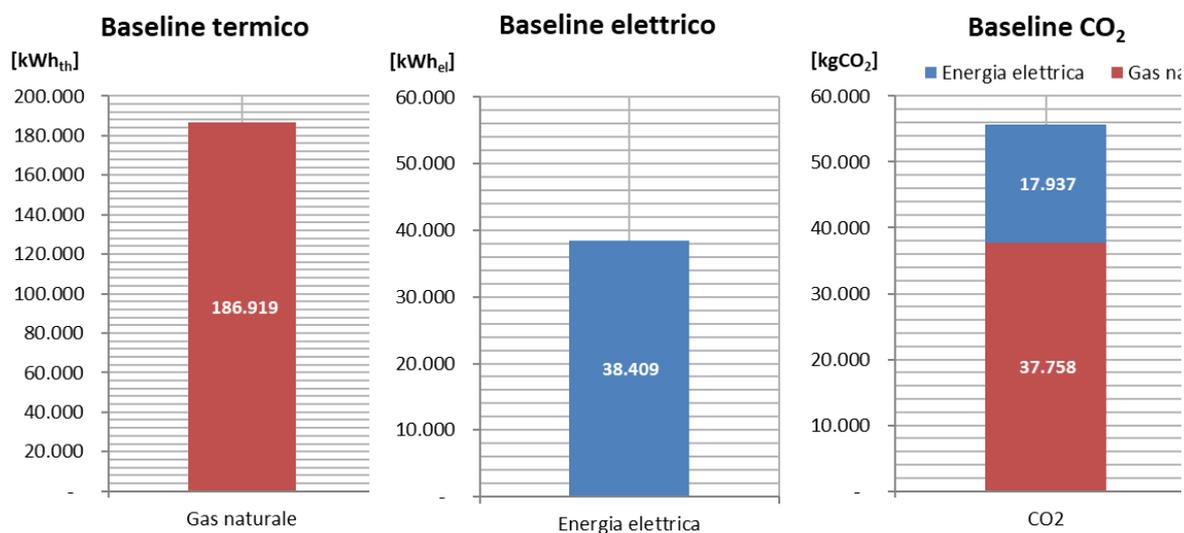
Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 e nella

Figura 5.5.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gas naturale	186.919	0,202	37.758
Energia elettrica	38.409	0,467	17.937

TOTALE	55.695
--------	--------

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.

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

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

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.171	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.339	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	16.761	m ³

Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

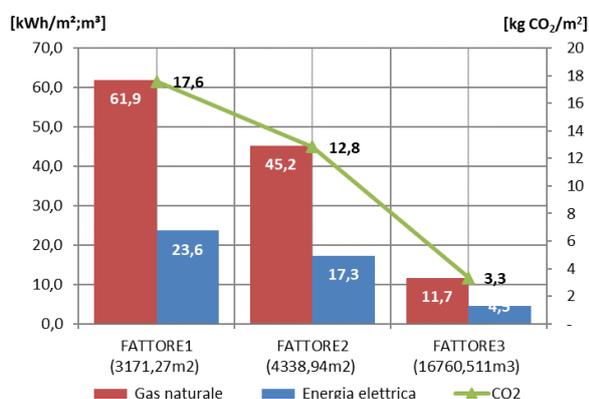
Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

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

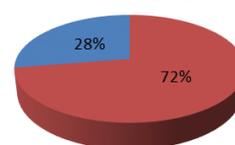
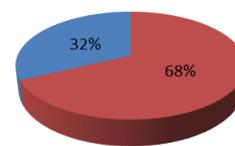
Gas naturale	186.919	1,05	196.265	61,9	45,2	11,7	11,91	8,70	2,25
Energia elettrica	38.409	2,42	92.950	29,3	21,4	5,5	5,66	4,13	1,07
TOTALE			289.215	91	67	17	18	13	3

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE E 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	186.919	1,05	196.265	61,9	45,2	11,7	11,91	8,70	2,25
Energia elettrica	38.409	1,95	74.898	23,6	17,3	4,5	5,66	4,13	1,07
TOTALE			271.162	86	62	16	18	13	3

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	12,44	10,06	8,41	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	7,62	7,84	8,45

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo degli indici di consumo buoni dal 2015 per quanto riguarda il vettore termico mentre per quello elettrico la classificazione è buona per tutti gli anni di riferimento.

Il confronto tra i benchmark della scuola oggetto di studio e quelli identificati dall'ENEA sono meglio esplicitati 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	196,09	188,79
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	159,88	159,61
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,44	0,36
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno		
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno		
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	35,77	28,82
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno		
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	38	38

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	5.253,71	52.064,26
Energia Elettrica		72.427

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

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 gli effettivi giorni di utilizzo del fabbricato e cercando di modellare quanto più fedelmente i profili di funzionamento delle utenze elettriche e le modalità di accensione e set point dei sistemi di climatizzazione.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	73,69	68,76
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	64,47	61,32
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,44	0,36
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno		
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno		

Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	8,78	7,08
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno		
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	13,22	13,22

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	18.956	178.565,52
Energia Elettrica		37.130

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]	[%]
186.819	178.530	5%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
37.130	38.409	3%

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

Il dettaglio dei calcoli elettrici è presente nell'Allegato B – Elaborati.

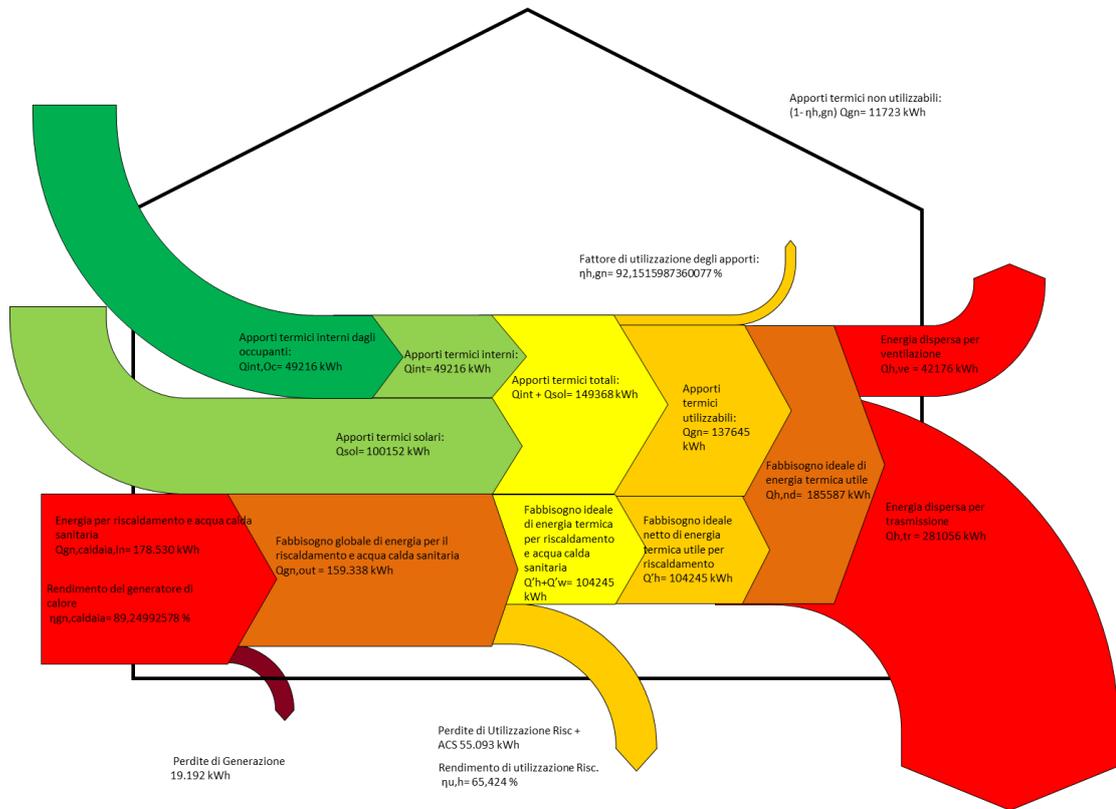
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

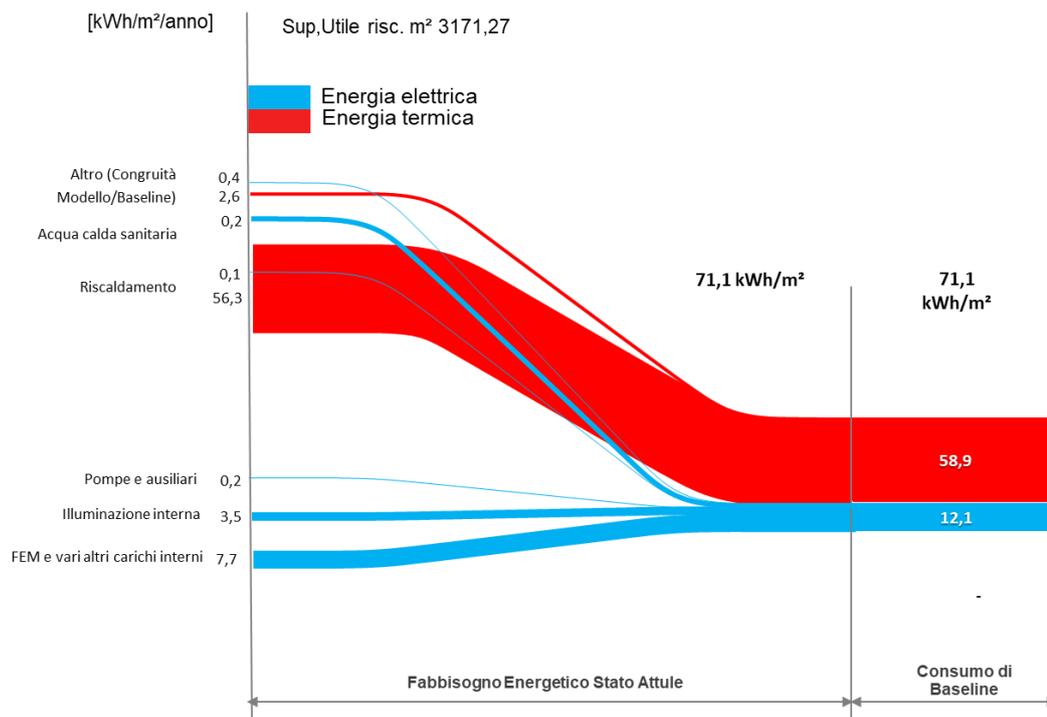
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

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



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

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

Non sono stati considerati gli apporti interni delle apparecchiature presenti in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.

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.

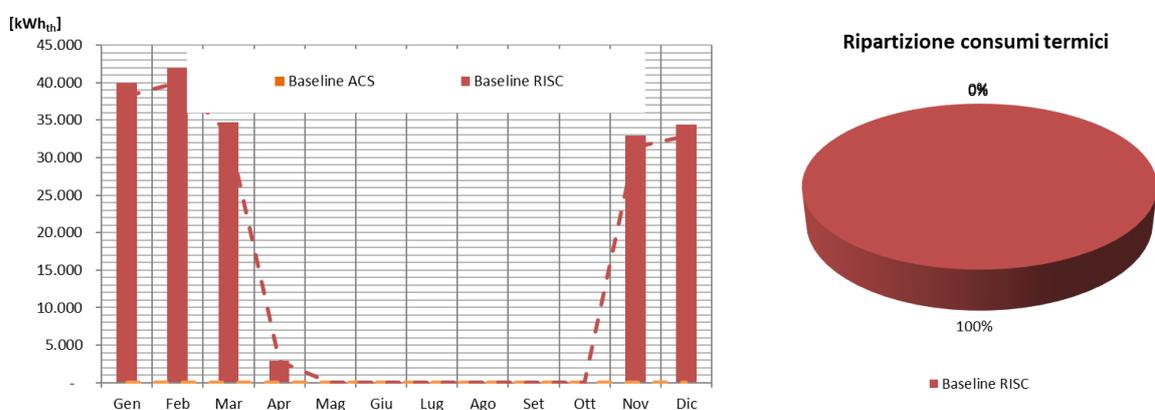
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che le dispersioni per trasmissioni sono rilevanti e questo indica che l’involucro è fortemente disperdente.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



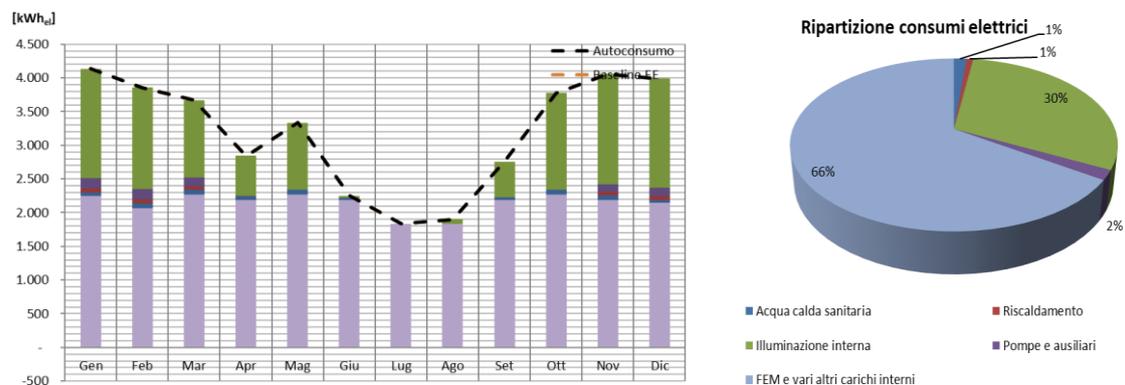
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo per la climatizzazione dei locali pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi alla forza elettromotrice e circa il 30% all'illuminazione.

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 – 03270049256457: 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 – 03270020156252: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura

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

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

PDR: 03270049123457 (Cucina)	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova. Patrimonio, demanio e sport. Via Francia n.1		
Società di fornitura	IREN Mercato SpA	Eni SpA	Energetic SpA
Inizio periodo fornitura	nd	04/2015	04/2016
Fine periodo fornitura	fino a 03/2015	03/2016	In essere
Classe del contatore	CLASSE G004		
Tipologia di contratto	mercato libero - Utente con attività di servizio pubblico		
Opzione tariffaria (*)	Prodotto CONSIP 7 GAS		
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	1,023328		
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	9,42		
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA ESCLUSA)	nd	0,32 €/smc	0,20 €/smc

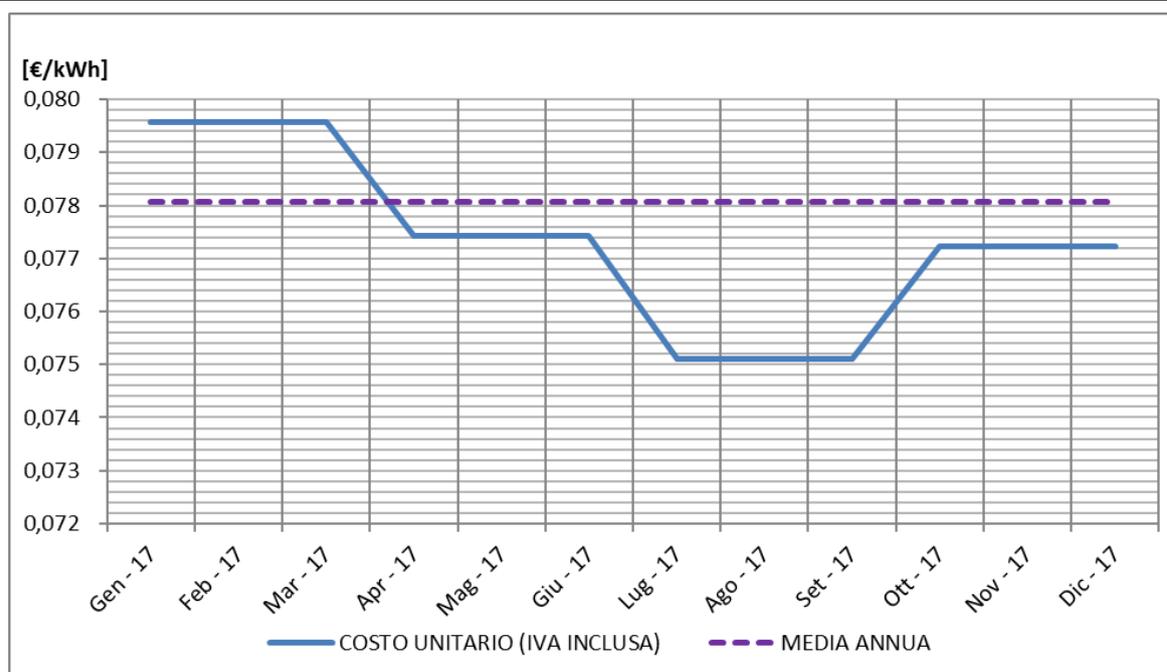
Nota (*) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (*): 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.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

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



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico POD presente all'interno dell'edificio, POD – IT001E00096229: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00096229	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova. Patrimonio, demanio e sport. Via Francia n.1		
Società di fornitura	Edison Energia SpA	Gala SpA	IREN Mercato SpA
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	04/2016
Fine periodo fornitura	03/2015	03/2016	In essere
Potenza elettrica impegnata			
Potenza elettrica disponibile	33 kW		
Tipologia di contratto			
Fornitura BT			
Opzione tariffaria ⁽¹⁾			
Contatore orario			
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾ (IVA ESCLUSA)	0,074€/kWh	0,055€/kWh	0,066€/kWh

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

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

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 rierimento

POD: IT001E00096229	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	320	54	408	52	83	917	4.163	0,220
Feb - 14	295	49	381	48	77	850	3.804	0,223
Mar - 14	262	44	354	43	70	774	3.441	0,225
Apr - 14	224	52	326	37	64	704	2.977	0,236
Mag - 14	226	52	331	38	65	711	3.027	0,235
Giu - 14	149	35	256	26	47	513	2.047	0,250
Lug - 14	127	35	217	22	40	441	1.738	0,254
Ago - 14	122	27	237	21	41	449	1.718	0,261
Set - 14	193	42	301	32	57	625	2.599	0,240
Ott - 14	263	51	375	44	73	805	3.488	0,231
Nov - 14	281	56	403	48	79	867	3.845	0,226
Dic - 14	274	57	406	48	79	864	3.876	0,223
Totale	2.734	556	3.997	459	775	8.520	36.723	0,232
POD: IT001E00096229	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	292	55	419	53	82	900	4.214	0,214
Feb - 15	259	51	394	49	75	829	3.894	0,213
Mar - 15	249	52	398	49	75	823	3.939	0,209
Apr - 15	121	35	158	25	34	373	2.038	0,183
Mag - 15	193	95	260	42	59	649	3.322	0,195
Giu - 15	105	95	170	28	40	437	2.201	0,199
Lug - 15	93	95	142	21	35	386	1.699	0,227
Ago - 15	98	95	152	30	37	412	1.819	0,226
Set - 15	130	95	206	33	46	511	2.603	0,196
Ott - 15	169	95	322	49	64	699	3.890	0,180
Nov - 15	181	95	336	51	66	729	4.050	0,180
Dic - 15	184	71	340	51	65	711	4.104	0,173
Totale	2.074	929	3.297	479	678	7.457	37.773	0,197
POD: IT001E00096229	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	199	67	316	51	63	697	4.102	0,170
Feb - 16	217	65	305	49	64	699	3.954	0,177
Mar - 16	148	90	284	46	57	623	3.658	0,170
Apr - 16	203	147	254	43	65	711	3.468	0,205
Mag - 16	254	181	271	46	75	827	3.650	0,227
Giu - 16	141	102	176	30	45	493	2.403	0,205

Lug - 16	137	98	146	25	41	446	1.970	0,227
Ago - 16	132	99	154	26	41	452	2.084	0,217
Set - 16	239	89	215	39	58	640	3.017	0,212
Ott - 16	316	117	285	50	77	844	3.988	0,212
Nov - 16	360	126	311	56	85	939	4.364	0,215
Dic - 16	336	118	290	51	80	875	4.073	0,215
Totale	2.681	1.298	3.005	512	750	8.246	40.731	0,202

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

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

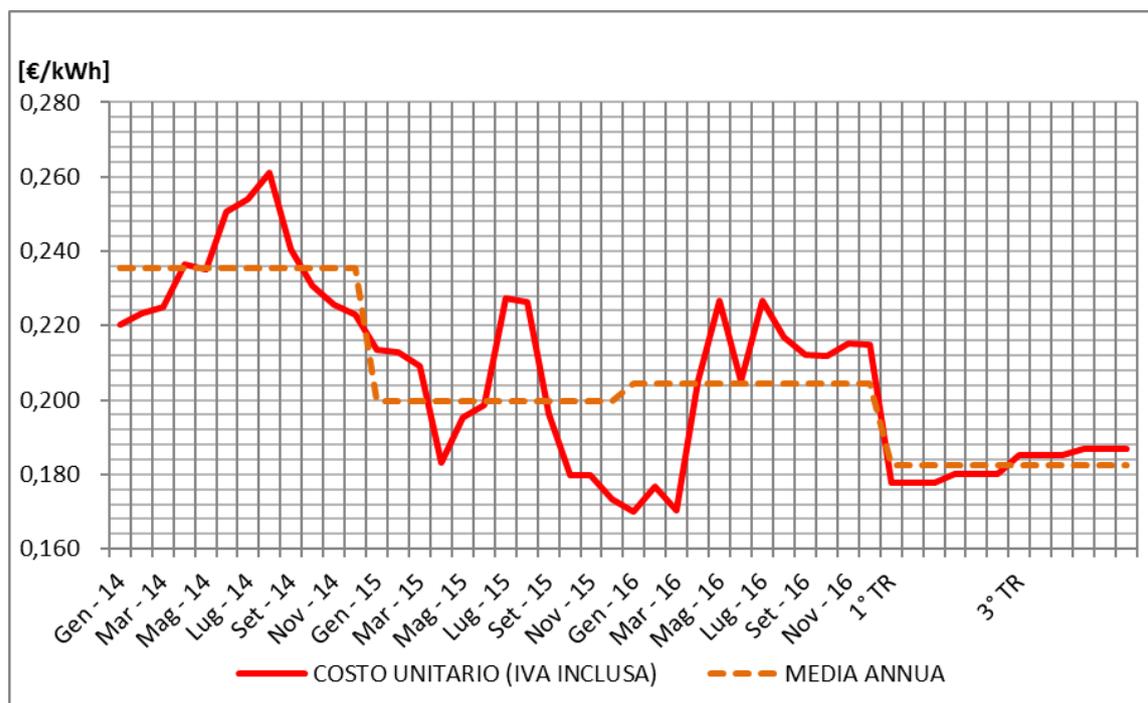
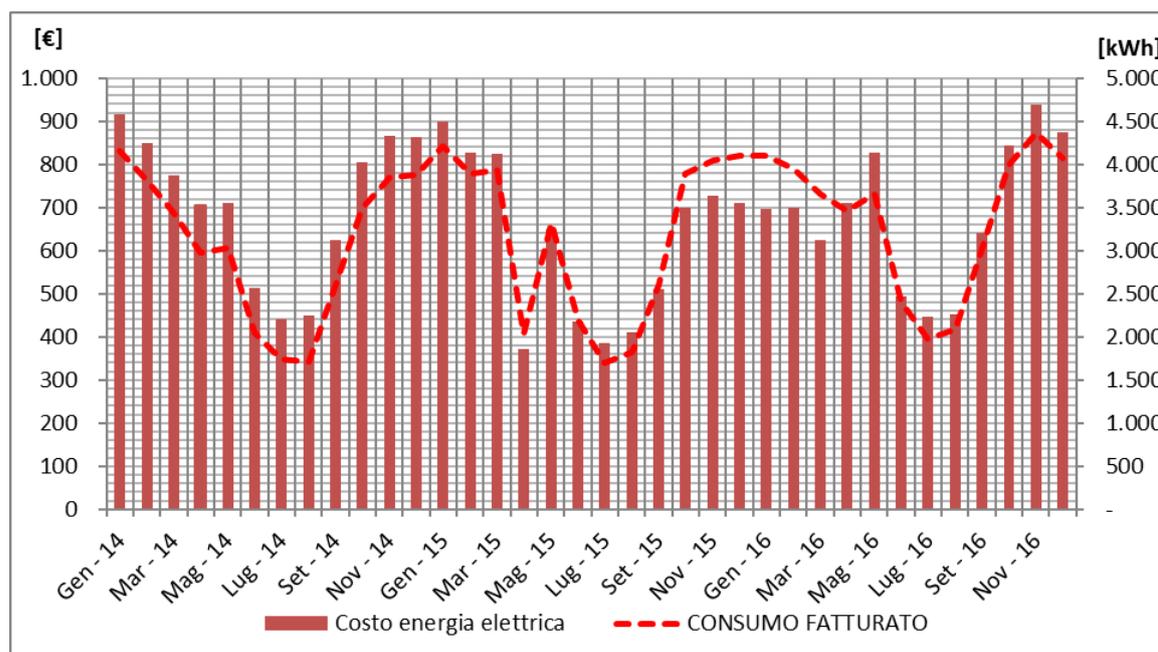


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi, ad eccezione dell'anno 2014, è omogeneo tra le quattro annualità considerate.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.4 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	260.981			36.723	8.520	0,232	nd
2015	208.474	nd	-	37.773	7.457	0,197	nd
2016	187.354	nd	-	40.731	8.246	0,202	nd
2017	-		0,0787	-		0,182	

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ} 0,0787	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE} 0,182	[€/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:

- L1-042-067

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 22.599,32€.

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 6.233	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 1.657	[€/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:

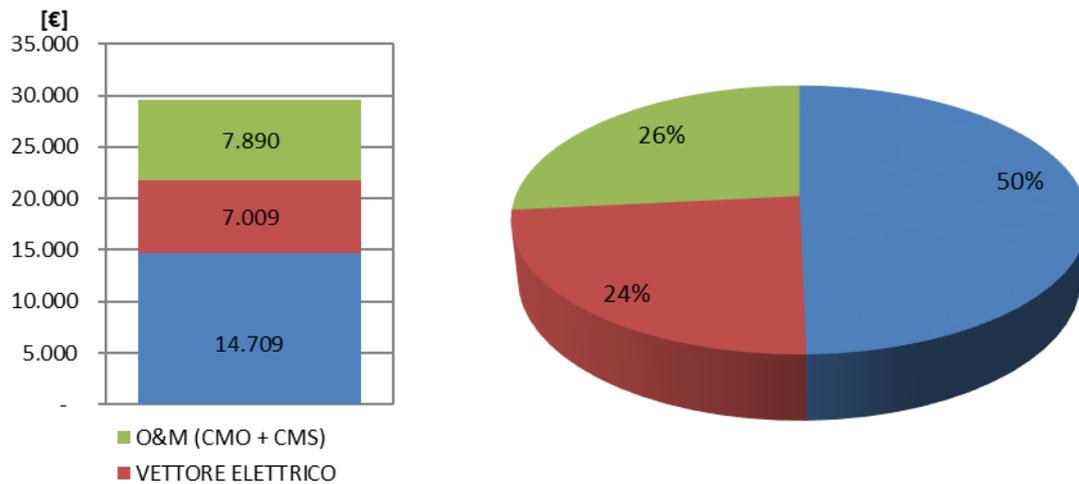
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 21.712 € e un $C_{baseline}$ pari a 29.608 €.

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}	$CQ+C_{EE}+C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
186.919	0,079	14.709	38.409	0,182	7.009	7.890	6.233	1.657	29.608

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

Gli interventi di efficientamento definiti per l'edificio oggetto di analisi sono stati individuati prendendo in considerazione due principali fattori: l'incidenza che gli interventi avrebbero sul bilancio energetico globale del fabbricato ed il costo a questi associato. Non è stata presa in considerazione la realizzazione di interventi di efficientamento dell'impianto di produzione di ACS poiché l'incidenza sul totale dei consumi è risultata essere limitata.

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento intradosso con controsoffitto isolato

Generalità

La misura prevede l'isolamento del solaio al terzo piano.

Si propone quindi con la posa in opera di un pannello isolante, così da limitare le dispersioni termiche verso l'esterno del fabbricato.

Figura 8.1 – Particolare solai quarto piano



Caratteristiche funzionali e tecniche

La realizzazione di un controsoffitto isolato consente di limitare le dispersioni di calore verso l'esterno con la conseguente riduzione dei consumi legati alla climatizzazione invernale del fabbricato; le altezze interne dei locali consentono infatti di realizzare, in aderenza alla struttura presente, un pacchetto fino a 20cm di spessore.

Descrizione dei lavori

Le attività previste consistono nell'iniziale tracciamento e nella posa dell'orditura metallica, cui segue l'inserimento del pannello isolante di tipo fibroso; dopo queste operazioni verranno posate le lastre, perpendicolarmente rispetto all'orditura alla quale vengono fissate, con i giunti di testa sfalsati di almeno 400mm. Nel caso di rivestimento costituito da più strati, è necessario sfalsare i giunti nelle due direzioni. Per il primo strato, l'interasse dei punti di fissaggio può essere aumentato fino a due volte: gli strati successivi devono essere applicati entro un breve tempo (indicativamente un giorno).

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 – Isolamento copertura

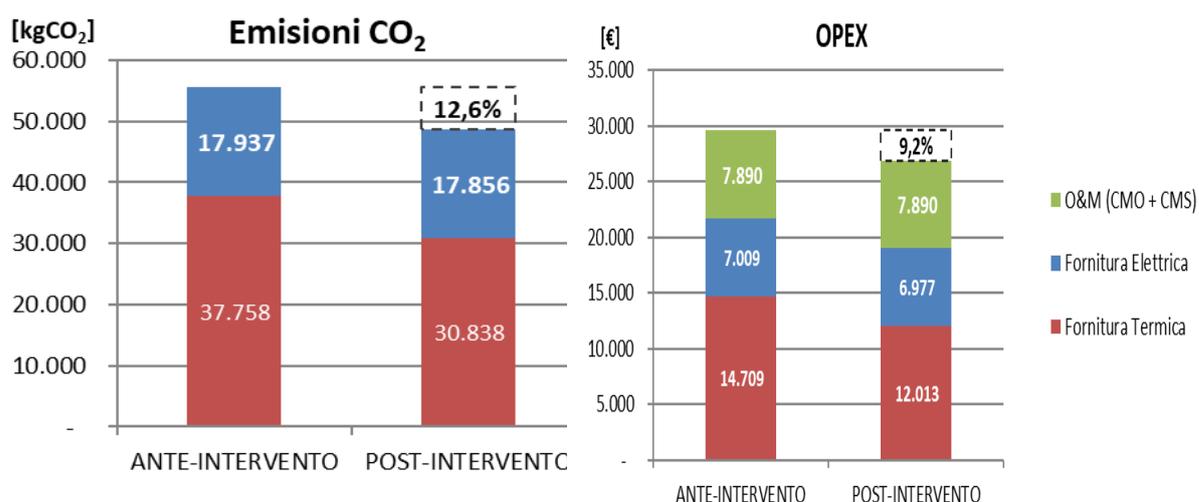
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza copertura]	[W/m²K]	1,5	0,221	85,3%
Q _{teorico}	[kWh]	178.530	145.811	18,3%

EE _{teorico}	[kWh]	37.130	36.963	0,4%
Q _{baseline}	[kWh]	186.919	152.663	18,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	38.409	38.236	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.758	30.838	18,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.937	17.856	0,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	55.695	48.694	12,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.709	12.013	18,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.009	6.977	0,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.717	18.990	12,6%
C _{MO}	[€]	6.233	6.233	0,0%
C _{MS}	[€]	1.657	1.657	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.890	7.890	0,0%
OPEX	[€]	29.608	26.881	9,2%
Classe energetica	[-]	F	E	1 Classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,182 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM2: Isolamento a cappotto della muratura esterna

Generalità

La misura proposta prevede la realizzazione di un sistema di isolamento a cappotto della muratura esterna, così da limitare le dispersioni di calore verso l'esterno del fabbricato limitando al massimo i ponti termici della struttura.

Figura 8.3 - Particolare muratura esterna



Caratteristiche funzionali e tecniche

Se il pannello viene posizionato all'esterno secondo il "sistema a cappotto" i ponti termici possono essere eliminati e con essi la formazione di condensa, muffe e macchie. I muri svolgono la funzione di volano termico, accumulando calore e cedendolo lentamente, riducendo quindi le ore di funzionamento dell'impianto di riscaldamento e migliorando l'inerzia termica anche nelle stagioni più calde e soleggiate. Inoltre limitando le dilatazioni termiche, si riducono i movimenti interstrutturali degli edifici evitando così il generarsi di fessurazioni.

I materiali maggiormente utilizzati per questa tipologia di installazione sono polistirene, poliuretani e lane di roccia sotto forma di pannelli rigidi di vario spessore, in funzione del livello di trasmittanza termica che si vuole raggiungere.

Descrizione dei lavori

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza; è poi necessario selezionare un collante idoneo per isolamento termico a cappotto, questo si applicherà con il sistema a cordolo e tre punti centrali, oppure su supporti complanari, con il sistema del collaggio totale con spatola in acciaio inox dentata.

Il collante deve ricoprire almeno il 40% della superficie totale del pannello isolante.

Durante la posa i pannelli isolanti devono essere posati a "mattoncino", sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre (<5mm) dovranno essere colmati con adeguata schiuma espansa.

I tasselli per l'ancoraggio meccanico, dove necessari, devono essere applicati a due o tre giorni di distanza dalla posa dei pannelli in EPS(10cm). Durante la posa del cappotto termico i tasselli vanno invece applicati immediatamente in caso di pannelli in EPS con aggiunta di grafite o pannelli in fibra di legno.

Dopo un periodo di tre, dieci giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante cui, una volta asciutto, seguirà l'applicazione del primer.

Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%. La posa del cappotto termico si conclude infine con l'applicazione di accessori dedicati quali il nastro autoespandente, il profilo per davanzale, giunti di dilatazione.

Prestazioni raggiungibili

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

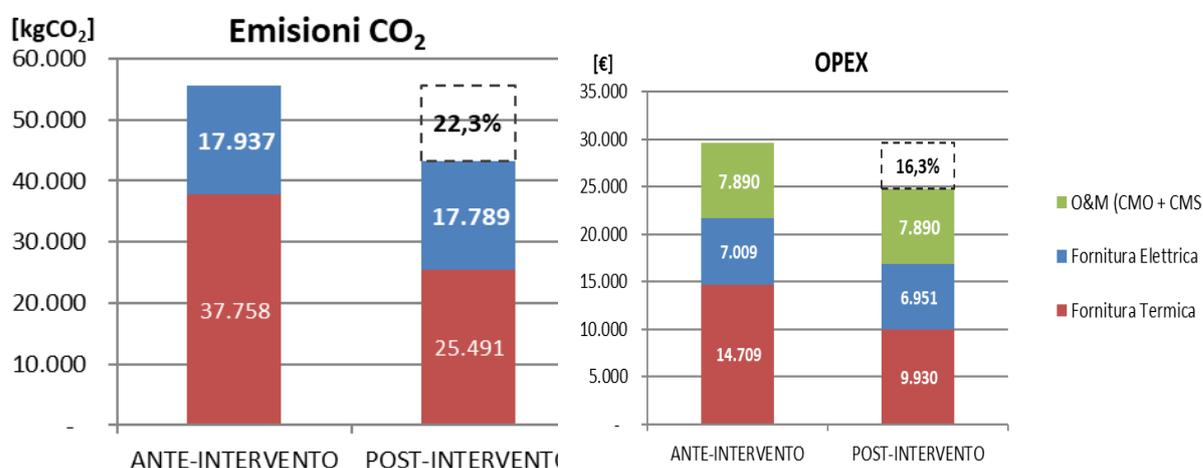
Tabella 8.2 - Risultati analisi EEM2 - Cappotto Termico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Trasmittanza parete verticale]	[W/m ² K]	1,3	0,221	83,0%
Q _{teorico}	[kWh]	178.530	120.529	32,5%
EE _{teorico}	[kWh]	37.130	36.824	0,8%
Q _{baseline}	[kWh]	186.919	126.193	32,5%
EE _{baseline}	[kWh]	38.409	38.092	0,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.758	25.491	32,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.937	17.789	0,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	55.695	43.280	22,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.709	9.930	32,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.009	6.951	0,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.717	16.881	22,3%
C _{MO}	[€]	6.233	6.233	0,0%
C _{MS}	[€]	1.657	1.657	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.890	7.890	0,0%
OPEX	[€]	29.608	24.772	16,3%
Classe energetica	[-]	F	E	

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,182 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Installazione Termovalvole

Generalità

Uno degli interventi proposti vede l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio.

L'intervento ha la finalità di rendere maggiormente confortevoli gli ambienti interni del fabbricato, dando la possibilità agli occupanti di definire il livello di temperatura interna desiderato evitando così situazioni di sovrariscaldamento o di scarso comfort termico che spesso si è rilevato durante le attività di sopralluogo.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5

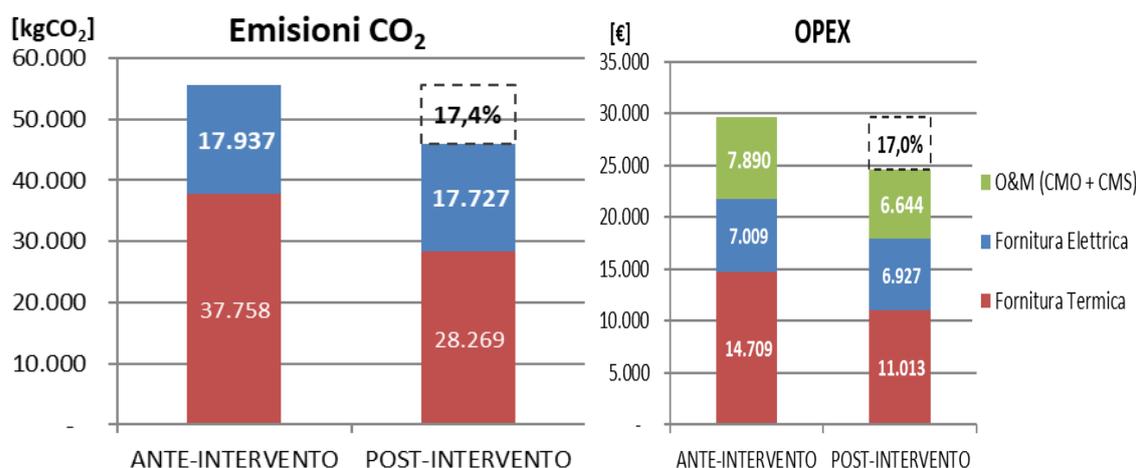
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Rendimento di regolazione]	[%]	78	99	-26,9%
Q _{teorico}	[kWh]	178.530	133.665	25,1%
E _{teorico}	[kWh]	37.130	36.696	1,2%
Q _{baseline}	[kWh]	186.919	139.946	25,1%
E _{Baseline}	[kWh]	38.409	37.960	1,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.758	28.269	25,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.937	17.727	1,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	55.695	45.996	17,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.709	11.013	25,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.009	6.927	1,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.717	17.939	17,4%
C _{MO}	[€]	6.233	4.987	20,0³%
C _{MS}	[€]	1.657	1.657	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.890	6.644	15,8%
OPEX	[€]	29.608	24.583	17,0%
Classe energetica	[-]	E	E	0 Classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,181 [€/kWh] per il vettore elettrico

³ Oltre ai risparmi riconducibili alla riduzione del consumo energetico è stata considerata una riduzione relativa ai costi manutentivi ad ora sostenuti dalla PA, questo perché la gestione autonoma, da parte degli occupanti, delle condizioni di comfort interno riduce l'intervento straordinario della ditta manutentiva per cambiare le condizioni di settaggio dell'impianto. Durante il sopralluogo si è infatti rilevata una disomogeneità delle condizioni termiche che porta a condizioni di disconfort in parte dei locali della scuola.

Figura 8.5 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Sostituzione Corpi illuminanti

Generalità

Durante le attività di sopralluogo svolte sono stati rilevati tutti i corpi di illuminazione presenti nell'edificio, per la quasi totalità di tipo fluorescente. Si propone dunque la sostituzione degli elementi con profili di utilizzo prolungati con soluzioni a LED, così da limitare il consumo di energia elettrica del fabbricato.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento riguarda in particolare le aule e gli spazi comuni dell'edificio, come atri e corridoi, caratterizzati da profili di accensione degli apparecchi più prolungati rispetto ad altre zone funzionali, dove si prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza; una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente.

È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort. Allo stato attuale verrà proposta una sostituzione 1:1 degli elementi presenti.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti

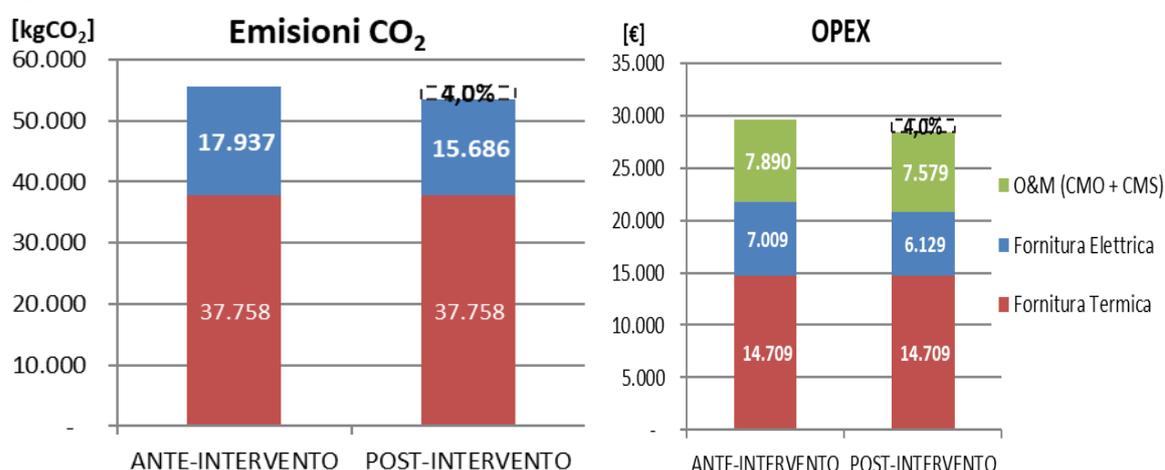
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 [Potenza corpi illuminanti]	[W/m ² K]	116	48	58,6%
Q _{teorico}	[kWh]	178.530	178.530	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	37.130	32.471	12,5%
Q _{baseline}	[kWh]	186.919	186.919	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	38.409	33.589	12,5%

Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.758	37.758	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.937	15.686	12,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	55.695	53.444	4,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.709	14.709	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.009	6.129	12,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.717	20.838	4,0%
C _{MO}	[€]	6.233	5.922	5,0 ⁴ %
C _{MS}	[€]	1.657	1.657	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.890	7.579	4,0%
OPEX	[€]	29.608	28.417	4,0%
Classe energetica	[-]			

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,181 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento intradosso con controsoffitto isolato

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM1, che consiste nella realizzazione dell'isolamento della copertura mediante installazione del materiale isolante in controsoffitto.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera a) i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

⁴ Oltre alla riduzione dei consumi energetici si è considerata una riduzione dei costi legati alla manutenzione ordinaria, questo perché la vita utile dei corpi illuminanti LED è più elevata rispetto a quella delle lampade fluorescenti, per cui la loro sostituzione avverrà meno frequentemente

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento intradosso con controsoffitto isolato

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
1.4.4. D20	Prezzario Regione Liguria	991.28	m2	20,5	18,6	18.473,9	22%	22.538,10
1.16.1. A10	Prezzario Regione Liguria	991,28	m2	50,1	45,5	45.103,2	22%	55.025,95
1.15.5. S02	Prezzario Regione Liguria	13877,92	m2/cm	1,8	1,6	22.204,7	22%	27.089,70
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		2.573,5	22%	3.139,61
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		6.184,9	22%	7.545,54
TOTALE (I₀– EEM1)						94.540,1	22%	115.338,90
Incentivi	[Conto termico]							39.651,20
Durata incentivi								5,00
Incentivo annuo								7.930,24

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- I_{tot} : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).

- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- S_{int} : superficie oggetto dell'intervento (m²) – pari a circa **991.28 mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a **116.35€**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore C_{max} il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore C_{max} riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]				
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile ($\%_{spesa}$)	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€]	
i. Strutture opache orizzontali¹³: isolamento coperture				
Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	(i+ii+iii) ≤ 400.000	
Interno	40 (*) (**)	100 €/m²		
Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²		
ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti				
Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²		
Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²		
iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali				
Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²		
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²		

EEM1: Cappotto termico

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei serramenti esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera b), i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM1 – Cappotto termico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
PR.A17.D01.010	Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	27.034,00	m2cm	3,5	3,2	85.771,5	22%	104.641,2
	Prezzario Regione Liguria							

25.A44.A30.010	Solo posa di isolamento termico-acustico superfici verticali eseguito con pannelli isolanti di spessore fino a cm 10, compreso il fissaggio con chiodi di materiale plastico e la sigillatura dei giunti con nastro adesivo plastificato.	Prezzario Regione Liguria	1.931,00	mq	14,3	13,0	25.015,2	22%	30.518,6
PR.A02.A20.600	Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2repellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	1.931,00	kg	0,8	0,7	1.439,5	22%	1.756,2
PR.A02.A25.010	Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	823,00	kg	0,5	0,4	366,6	22%	447,3
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	1.931,00	m2	14,3	13,0	25.067,9	22%	30.582,8
25.A05.E10.015	Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	1.931,00	m2	7,3	6,6	12.744,6	22%	15.548,4
25.A54.A30.010	Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	1.931,00	m2	4,8	4,4	8.443,7	22%	10.301,4
25.A54.B40.010	Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in	Prezzario Regione Liguria	1.931,00	m2	23,8	21,6	41.762,3	22%	50.950,0

fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.						
Costi per la sicurezza	-	3%	%	6.018,3	22%	7.342,4
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	14.042,8	22%	17.132,2
TOTALE (I₀ – EEM1)				220.672,4	22%	269.220,4
Incentivi	[Conto termico]					77.240,0
Durata incentivi						5
Incentivo annuo						15.448,00

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- I_{tot} : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- S_{int} : superficie12 oggetto dell'intervento (m2) – pari a circa **1.931 mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a **139,42 €/mq**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% _{spesa})	Costo massimo (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo I _{max} [€]
Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B, C	75.000
	40 (**)	450 €/m ² per le zone climatiche D, E, F	100.000

EEM3: Installazione Termovalvole

Nella Figura 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella installazione di termovalvole sui radiatori esistenti.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione termovalvole

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	131	cad	35,42	32,20	4.218,20	22%	5.146,2
PR.C47.H10.145	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 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	4.587,21	4.170,19	4.170,19	22%	5.087,6
40.E10.A10.030	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 65 mm fino a 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	63,62	57,84	57,84	22%	70,6
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	h	22,69	20,63	20,63	22%	25,2
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idrulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	47		31,88	28,98	1.352,48	22%	1.650,0
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			294,58	22%	359,4
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			687,35	22%	838,6
TOTALE (I₀ – EEM1)						10.801,27	22%	13.177,6	

EEM4: Sostituzione corpi illuminanti

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, intervento 1 (intervento 1.F - art. 4, comma 1, lettera f).

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]

045160d	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, installata a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: monolampada: lunghezza 1.600 mm, 28 W, 4.540 lm	DEI Imp. Ele. 2017	15	cad	162,61	147,83	2.217,4	22%	2.705,2
045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, installata a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	139	cad	185,50	168,64	23.440,5	22%	28.597,4
205015f	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 1 x 58 W	DEI Imp. Ele. 2017	15	cad	11,36	10,33	154,9	22%	189,0
205015g	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 58 W	DEI Imp. Ele. 2017	139	cad	13,39	12,17	1.692,0	22%	2.064,3
M01003a	Operaio edile qualificato	DEI Imp. Ele. 2016	69,5	€/ora	26,78	24,35	1.692,0	22%	2.064,3
M01004a	Operaio edile comune	DEI Imp. Ele. 2016	69,5	€/ora	24,12	21,93	1.523,9	22%	1.859,2
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			921,6	22%	1.124,4
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2.215,0	22%	2.702,3
TOTALE (I₀ – EEM1)							33.857,3	22%	41.305,9
Incentivi		[Conto termico]							16.522,4
Durata incentivi									5,0
Incentivo annuo									3.304,5

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- I_{tot} : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PA e le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)

- %_{spesa}: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- S_{int}: superficie12 oggetto dell'intervento (m2) – pari a circa **2378,7 mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a **17,4 €/mq**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore C_{max} il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore C_{max} riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]		
Tipologia di intervento	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo I _{max} [€]
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade ad alta efficienza	15 €/m ²	30.000
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade a led	35 €/m ²	70.000

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:

- I₀ 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:

- I₀ è il valore dell'investimento iniziale;

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Controsoffitto isolato

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Cappotto termico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	115.339
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	7.930
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	36,1	22,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	56,2	36,1
Valore attuale netto	VAN	- 55.370	- 20.066
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,4%	1,6%
Indice di profitto	IP	-0,48	-0,17

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

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

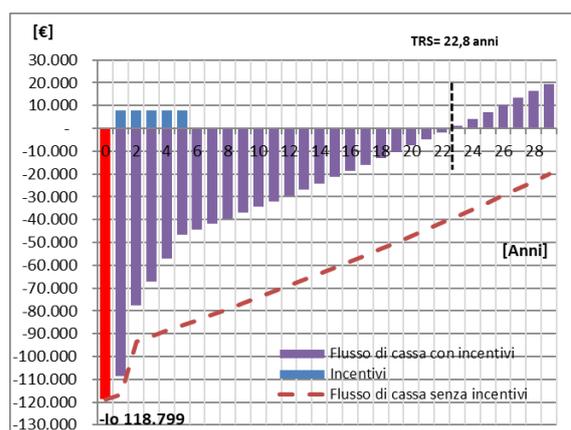
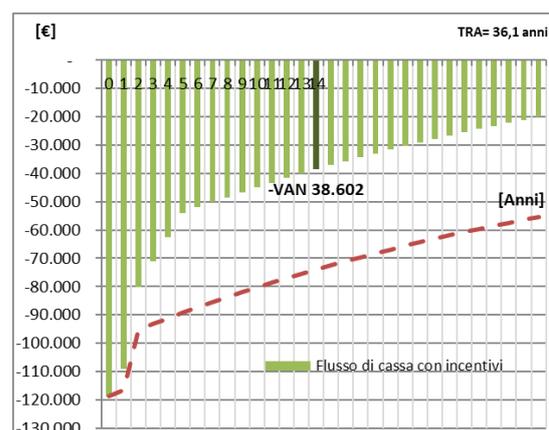


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



EEM2: Cappotto termico

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Cappotto termico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€	269.220
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	15.448
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	44,5	31,5

Tempo di rientro attualizzato	TRA	67,5	43,3
Valore attuale netto	VAN	- 154.028	- 85.256
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,9%	-0,5%
Indice di profitto	IP	-0,57	-0,32

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

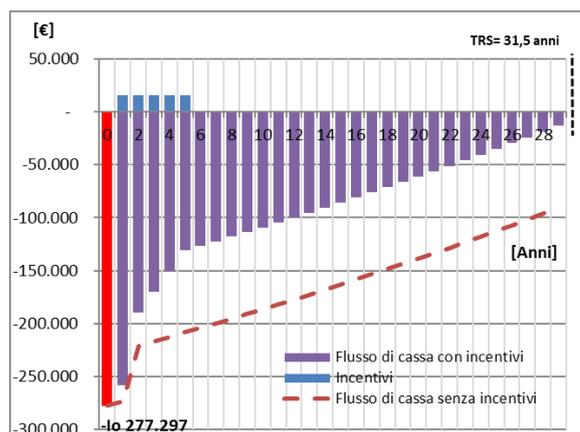
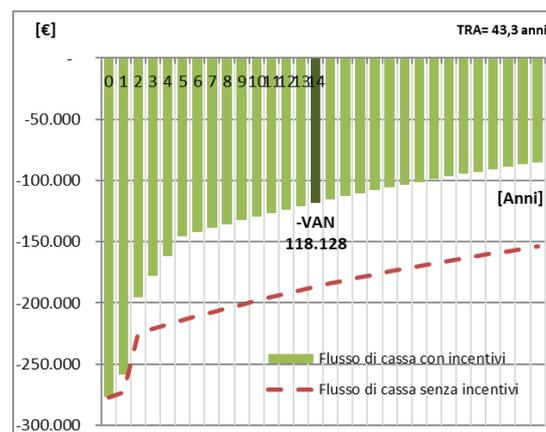


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, relativo all'involucro del fabbricato, risulta economicamente non vantaggioso con tempi di ritorno superiori ai 25 anni.

EEM3: Installazione termovalvole

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	13.177
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,7	2,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,9	2,9
Valore attuale netto	VAN	35.352	35.352
Tasso interno di rendimento	TIR	34,4%	34,4%
Indice di profitto	IP	2,68	2,68

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.9 e Figura 9.10.

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

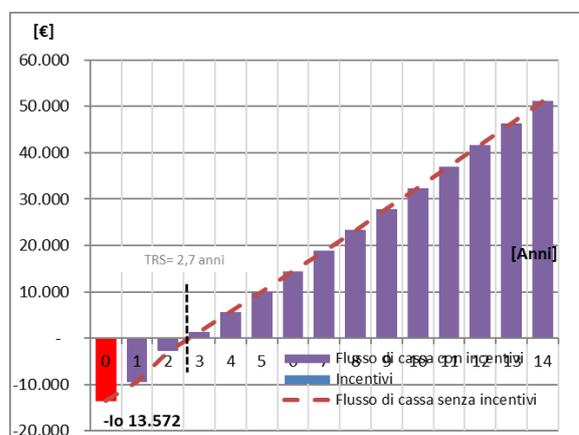
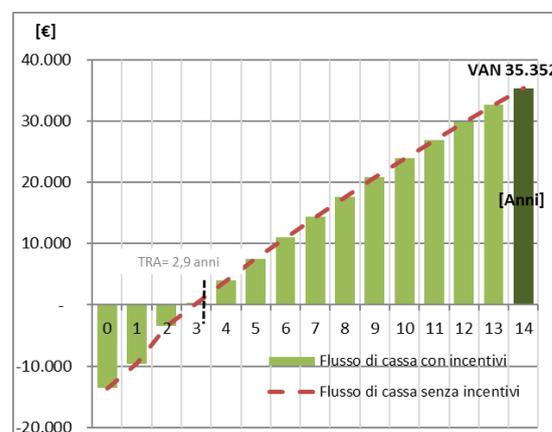


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 4 anni.

EEM4: Sostituzione corpi illuminanti

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione serramenti

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	41.306
Oneri Finanziari %Io	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	3.304
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	23,4	10,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	26,2	12,3
Valore attuale netto	VAN	- 29.564	- 14.853
Tasso interno di rendimento	TIR	-26,1%	-9,5%
Indice di profitto	IP	-0,72	-0,36

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

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

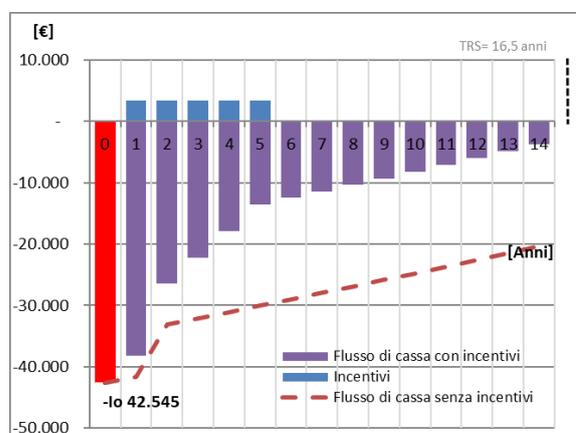
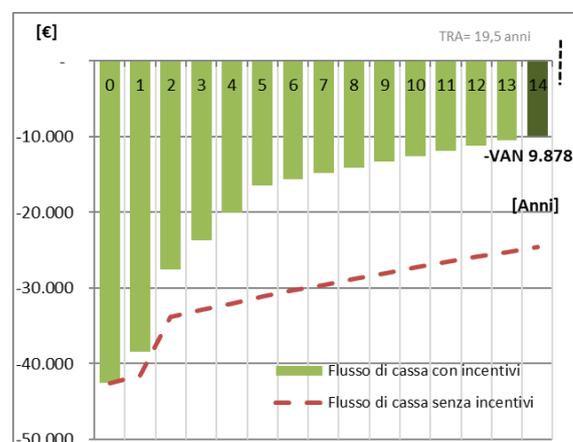


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, attraverso la forma incentivante del conto termico, risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno di circa 15 anni.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.9 e Tabella 9.10.

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	13%	13%	2.727,2	0,00	0,00	115.339	36	56	30	-55.369,8	-0,01	-0,48
EEM 2	22%	22%	4.836,4	0,00	0,00	269.220	45	67	30	-154.027,7	-0,03	-0,57
EEM 3	17%	17%	3.778,3	1.246,69	0,00	13.177	3	3	15	35.351,7	0,34	2,68
EEM 3	4%	4%	879,5	311,67	0,00	41.306	23	26	8	-29.563,6	-0,26	-0,72

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che senza l'accesso alle forme incentivanti solo l'intervento delle termovalvole sarebbe economicamente sostenibile.

Tabella 9.10 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	13%	13%	2.727,2	0,0	0,0	115.339,0	23	36	30	-20.065,80	0,016	-0,174
EEM 2	22%	22%	4.836,4	0,0	0,0	269.220,0	32	43	30	-85.255,98	-0,005	-0,317
EEM 3	17%	17%	3.778,3	1.246,7	0,0	13.177,0	3	3	15	35.351,71	0,344	2,683
EEM 4	4%	4%	879,5	311,7	0,0	41.306,0	11	12	8	-14.852,62	-0,095	-0,360

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie all'accesso alla forma incentivante del conto termico gli interventi sull'impianto termico risultano essere economicamente convenienti, mentre quelli sull'involucro edilizio hanno tempi di ritorno molto maggiori.

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

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

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

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

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

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

Dove:

- K_d è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- K_e è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0

- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi

Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinate all’istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l’applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

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

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

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

- **Scenario 1: EEM3+EEM4:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di serramenti e corpi illuminanti e l’installazione di termovalvole
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4 :** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di corpi illuminanti e l’installazione di termovalvole, e nell’isolamento dell’involucro tramite cappotto termico e controsoffitto isolato

9.3.1 Scenario 1: EEM3+EEM4

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

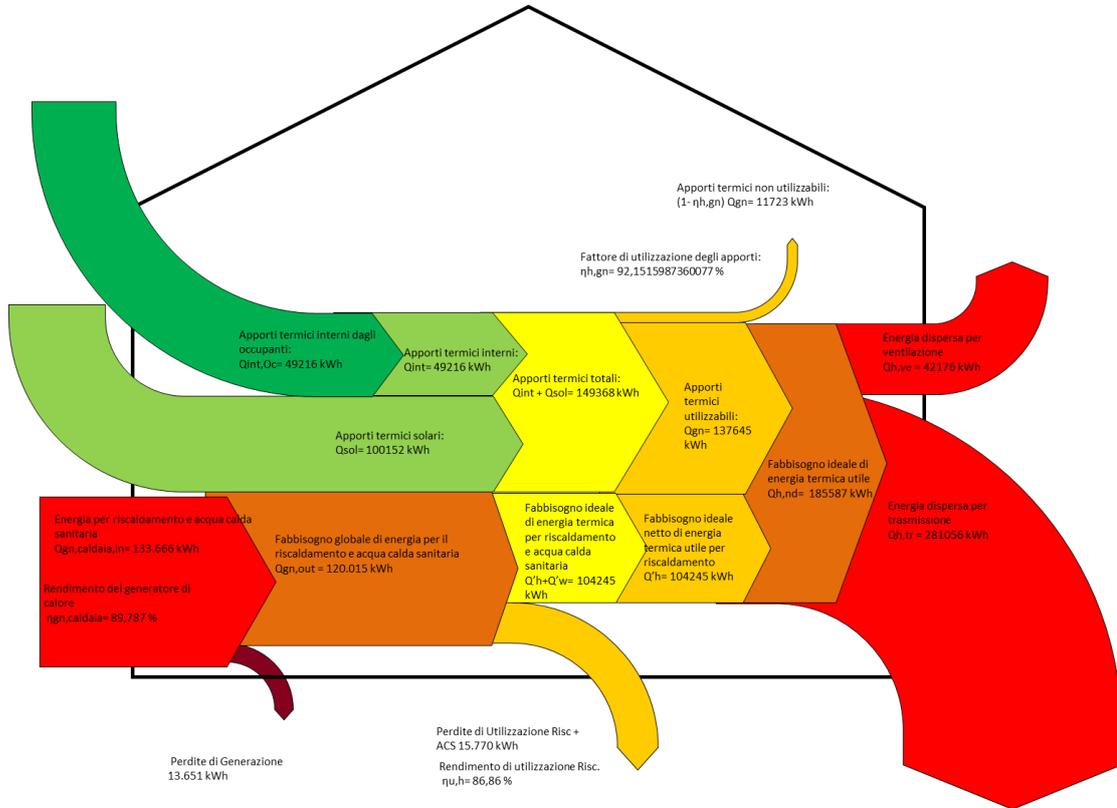
- EEM3: installazione di termovalvole
- EEM4: sostituzione corpi illuminanti

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA AI 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	9.819	2.160	11.980
EEM4 Fornitura & Posa	30.721	6.759	37.479
Costi per la sicurezza	1216,20	267,56	1483,77
Costi per la progettazione	2902,32	638,51	3540,83
TOTALE (I₀)	44.659	9.825	54.483
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	4.986,77	1.574,15	6.560,92
EEM4O&M	5.921,79	1.657,00	7.578,79
TOTALE (C_M)	4.675,10	1.574,15	6.249,25
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	16.522,37	
Durata incentivi		5,0	
Incentivo annuo		3.304,47	

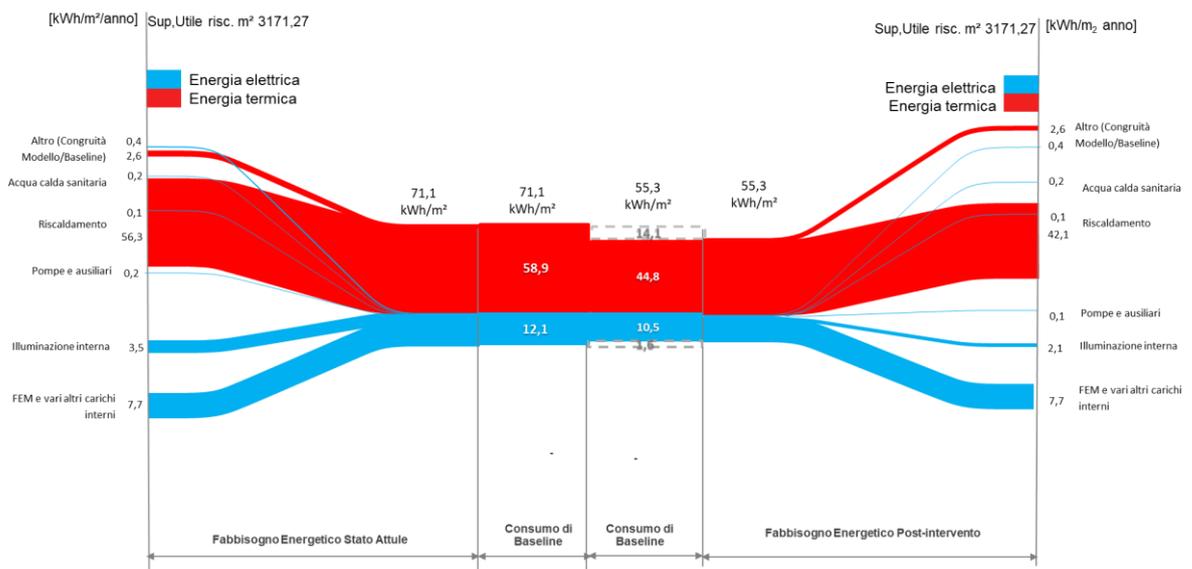
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.9 – 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 diminuisce il fabbisogno globale di energia per il riscaldamento come conseguenza dell'aumento del rendimento di regolazione dell'impianto.

Figura 9.10 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

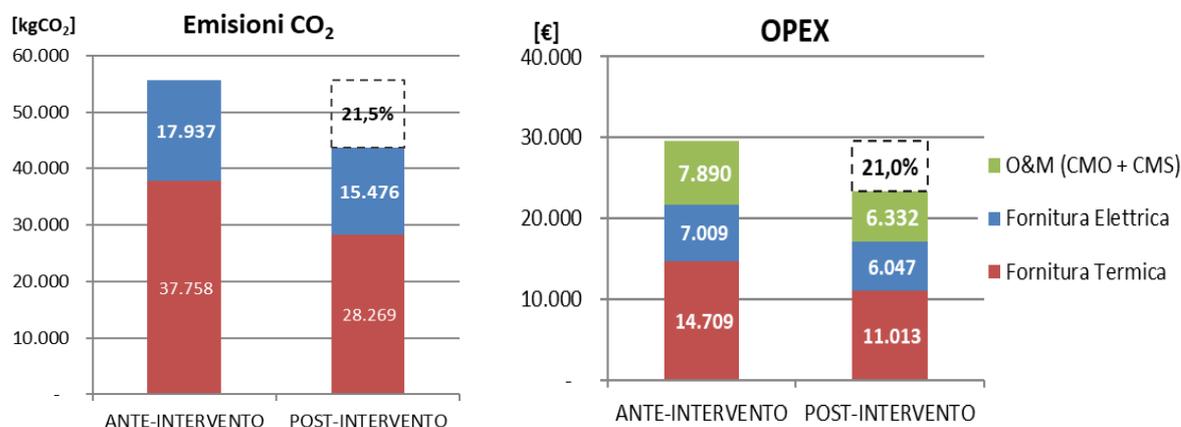


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 –EEM3+EMM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Rendimento di regolazione]	[%]	78	99	-26,9%
EM3 [Potenza corpi illuminanti]	[W/m ² K]	116	48	58,6%
Q _{teorico}	[kWh]	178.530	133.666	25,1%
EE _{teorico}	[kWh]	37.130	32.037	13,7%
Q _{baseline}	[kWh]	186.919	139.947	25,1%
EE _{baseline}	[kWh]	38.409	33.140	13,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.758	28.269	25,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.937	15.476	13,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	55.695	43.746	21,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.709	11.013	25,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.009	6.047	13,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.717	17.060	21,4%
C _{MO}	[€]	6.233	4.675	25,0%
C _{MS}	[€]	1.657	1.657	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.890	6.332	19,8%
OPEX	[€]	29.608	23.392	21,0%
Classe energetica	[-]	E	E	O Classi

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



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

I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1–EEM3+EEM4

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}	0,02
Costo Capitale Azienda	WACC	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	f	0,01
deriva dell'inflazione	f'	0,01
%, interessi debito	k_D	0,04
%, interessi equity	k_E	0,09
Aliquota IRES	IRES	0,24
Aliquota IRAP	IRAP	0,04
Aliquota fiscale	τ	0,28
Anni debito (finanziamento)	n_D	9
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	54.483
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	1.634
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	56.117
%CAPEX a Debito	D	0,8
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	44.894
Equity	I_E	11.223
Fattore di annualità Debito	FA_D	8
Rata annua debito	q_D	5.902
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	53.117
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=$q_D * n_D - D$	8.223

Tabella 9.14 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	21.717
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	7.890
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	29.607
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{altro}	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	0,21
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	0,20
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{baseline}$	0,04
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	4.343
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	1.184
Risparmio PA durante la concessione	14%	64.472
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	7.430

N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	0,11
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	445
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	587
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	2.126
Canone O&M €/anno	C_{nM}	6.570
Canone Energia €/anno	C_{nE}	18.694
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	25.264
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	3.159
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	28.423
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	9.825
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	16.522
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	8
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	12
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	2.555
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	0,05
Indice di Profitto	IP	0,05
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,50
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	1.513
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	0,15
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,10
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,03
Indice di Profitto Azionista	IP	0,03

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

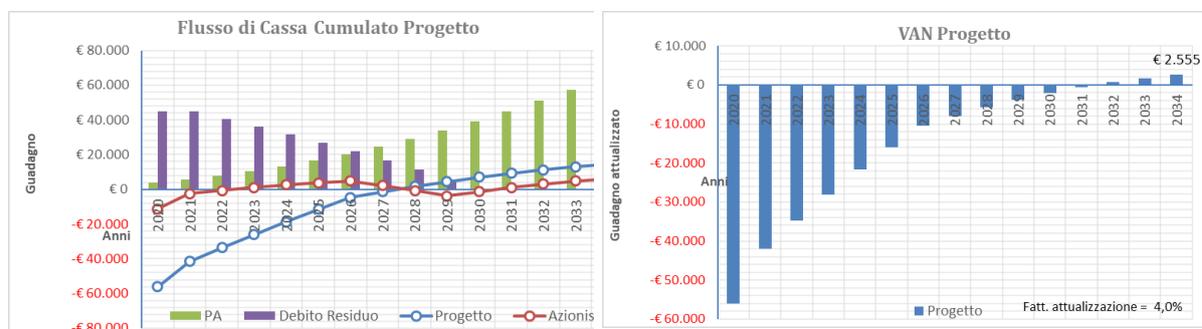


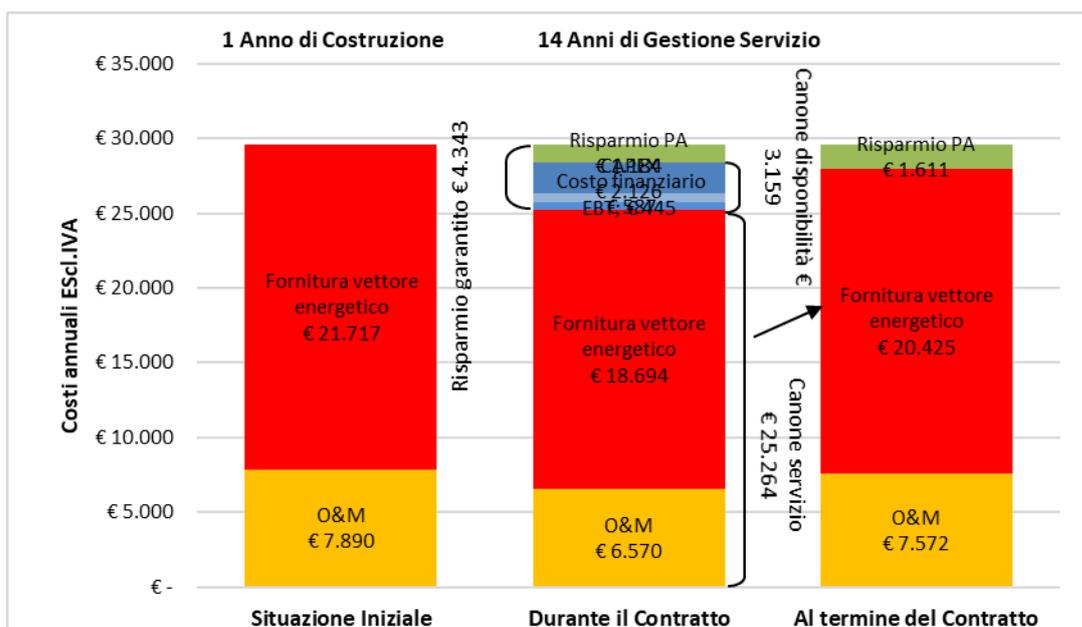
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente per la PA e per la ESCO.

Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+ EEM4:

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

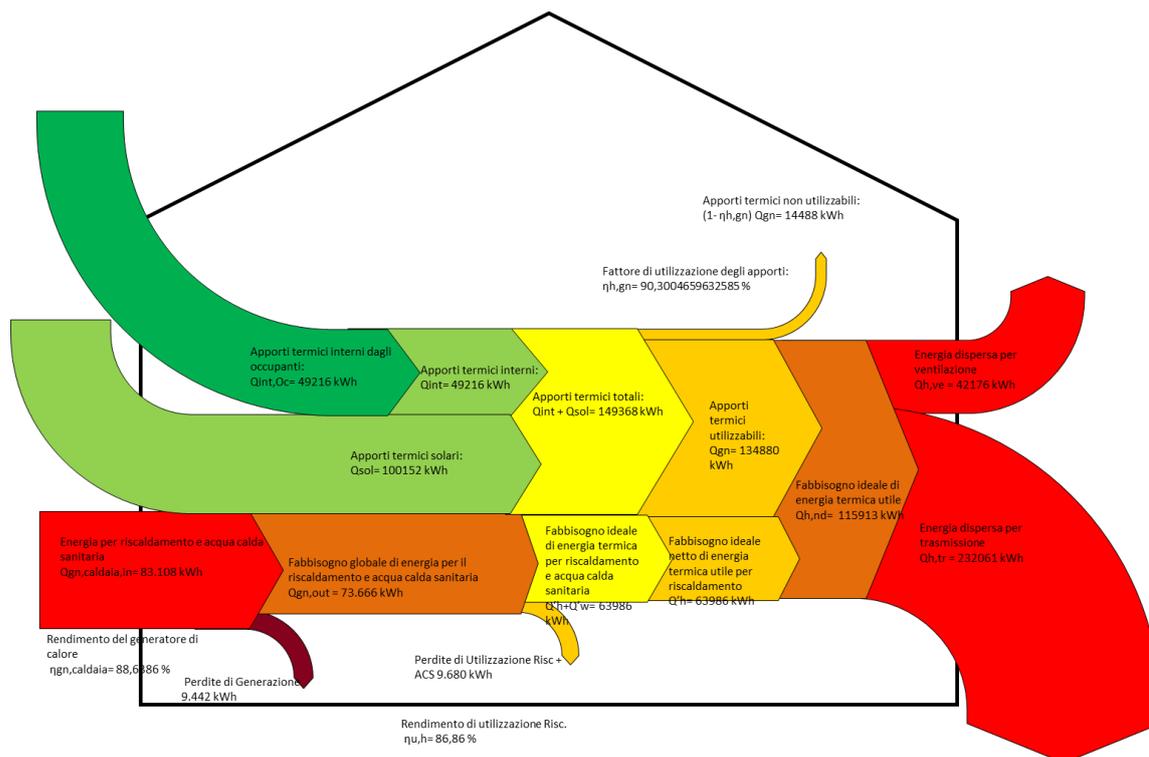
- EEM1: controsoffitto isolato
- EEM2: cappotto termico
- EEM3: sostituzione corpi illuminanti
- EEM4: installazione di termovalvole

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	85.782	18.872	104.654
EEM2 Fornitura & Posa	200.611	44.134	244.746
EEM3 Fornitura & Posa	9.819	2.160	11.980
EEM4 Fornitura & Posa	30.721	6.759	37.479
Costi per la sicurezza	9807,99	2157,76	11965,75
Costi per la progettazione	23129,98	5088,59	28218,57
TOTALE (I₀)	359.871	79.172	439.043
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	6.233,47	1.657,00	7.890,46
EEM2 O&M	6.233,47	1.657,00	7.890,46
EEM3 O&M	4.986,77	1.574,15	6.560,92
EEM4 O&M	5.921,79	1.657,00	7.578,79
TOTALE (C_M)	4.5675	1.657	6.332
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	133.413,57	
Durata incentivi		5,0	
Incentivo annuo		26.682,71	

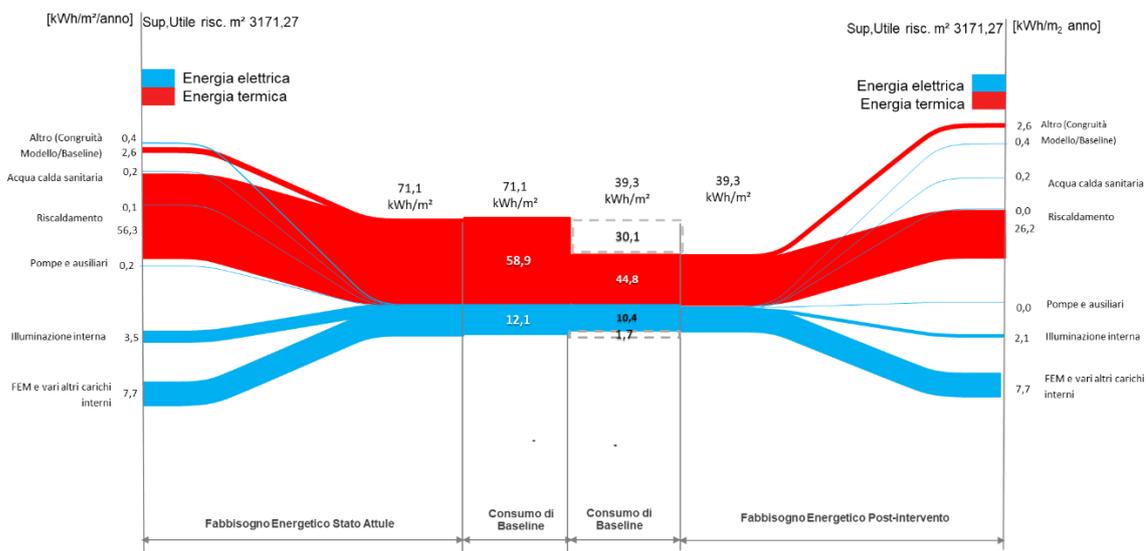
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.15 – 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 contributo relativo all'energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

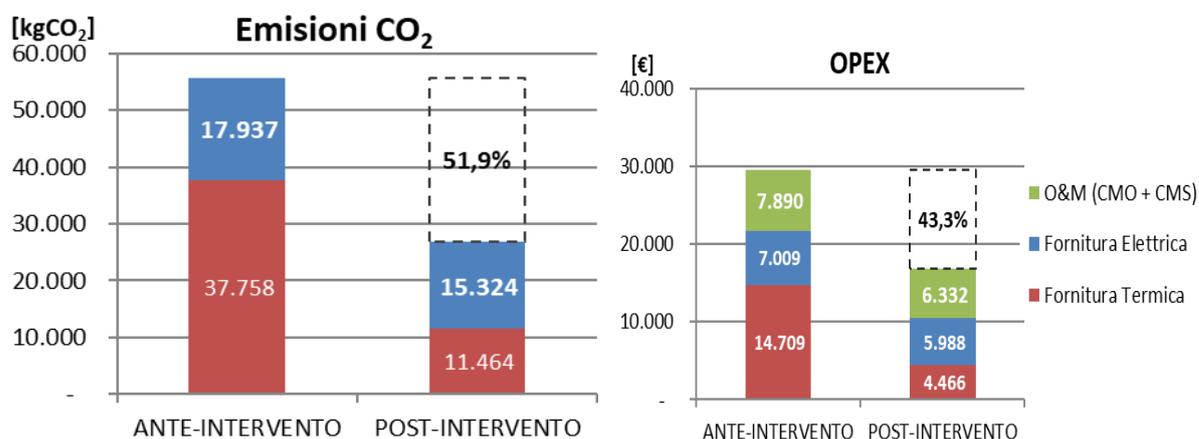
Figura 9.16 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



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

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3+EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza soffitto]	[%]	1,5	0,22	-26,9%
EM2 [Trasmittanza parete verticale]	[W/m²K]	1,3	0,221	83,0%
EM3 [Rendimento di regolazione]	[%]	78	99	-26,9%
EM4 [Potenza corpi illuminanti]	[W/m²K]	116	48	58,6%
Q _{teorico}	[kWh]	178.530	54.203	69,6%
E _{teorico}	[kWh]	37.130	31.721	14,6%
Q _{baseline}	[kWh]	186.919	56.750	69,6%
E _{Baseline}	[kWh]	38.409	32.813	14,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.758	11.464	69,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.937	15.324	14,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	55.695	26.787	51,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.709	4.466	69,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.009	5.988	14,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.717	10.453	51,9%
C _{MO}	[€]	6.233	4.675	25,0%
C _{MS}	[€]	1.657	1.657	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.890	6.332	19,8%
OPEX	[€]	29.608	16.785	43,3%
Classe energetica	[-]	E	C	O Classi

Figura 9.17 – 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 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– EEM1+EEM2+EEM3+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	0,02
Costo Capitale Azienda	WACC	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	f	0,01
deriva dell'inflazione	f'	0,01
%, interessi debito	k_D	0,04
%, interessi equity	k_E	0,09
Aliquota IRES	IRES	0,24
Aliquota IRAP	IRAP	0,04
Aliquota fiscale	τ	0,28
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	439.042
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	13.171
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	452.213
%CAPEX a Debito	D	0,8
%CAPEX a Equity	E	20,00%

Debito	I_D	361.771
Equity	I_E	90.443
Fattore di annualità Debito	FA_D	8
Rata annua debito	q_D	43.577
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	435.773
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	74.003

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	21.717
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	7.890
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	29.607
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	0,52
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,20
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,00
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	10.696
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	0
Risparmio PA durante la concessione	14%	127.937
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	17.307
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	-0,13
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-2.372
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	3.083
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	9.985
Canone O&M €/anno	C_{nM}	6.739
Canone Energia €/anno	C_{nE}	12.172
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	18.911
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	10.696
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	29.607
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	79.172
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	133.413
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.20 – 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.	23
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	53,1
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-93756
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	0,00
Indice di Profitto	IP	-0,21
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	32
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	109,9
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-91.783

Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	-0,03
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,77
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,90
Indice di Profitto Azionista	IP	-0,21

Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



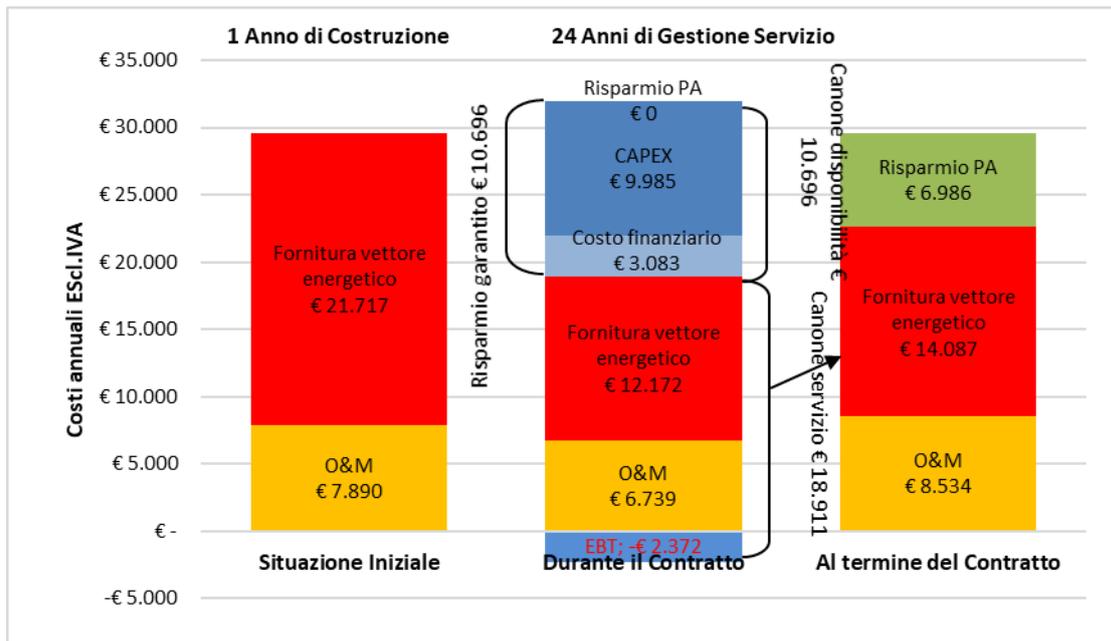
Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi non risulta conveniente per nessuno dei due operatori.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.20:

Figura 9.20 Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la *E0875 – Scuola Elementare S. Giovanni Battista* risultato che l'edificio, grazie ai recenti interventi di sostituzione dei serramenti, presenta livelli sufficienti di performance energetica, la sostituzione della vecchia caldaia con una a condensazione ha infatti permesso di contenere i consumi di combustibile.

La situazione è invece differente per quanto riguarda gli indici di performance relativi al consumo di energia elettrica, che sono risultati essere insufficienti.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Gli interventi di efficientamento previsti per la struttura interessano l'involucro, l'impianto di illuminazione e l'impianto di climatizzazione, in particolare per quanto riguarda il sottosistema di regolazione.

Tuttavia solo uno degli scenari di intervento proposti, in particolare lo scenario 1, consente un rientro degli interventi in tempi conformi alle richieste della committenza; lo scenario 2, che prevede interventi anche sull'involucro, a causa dei costi elevati di realizzazione a fronte di limitati saving energetici risulta essere non conveniente.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

La scuola è risultata essere, dal punto di vista impiantistico, in un buono stato manutentivo con componenti caratterizzati da buoni rendimenti.

Per quanto concerne l'involucro gli standard prestazionali sono decisamente inferiori, con soluzioni costruttive che limitano gli interventi di efficientamento adottabili (muratura esterna portante) ed elementi obsoleti con bassi livelli di isolamento termico; la maggior parte dei serramenti presenti risale infatti agli anni '70 ed è del tipo a vetro singolo e telaio in alluminio.

Tutti questi fattori fanno sì che l'edificio sia, per quanto riguarda le numerose superfici finestrate, particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla sostituzione di questi elementi; questa tipologia di intervento richiede tuttavia elevati importi, spesso non conciliabili con i tempi di ritorno attesi dalla Committenza.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo		Data	Nome file
Planimetrie Involucro	TAVOLA DI INQUADRAMENTO	26/11/2017	E00875.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANI	26/11/2017	E00875S.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO PRIMO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SOTTO STRADA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1SS.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SECONDO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERZO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN3.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIANC.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO SCOLASTICO / SOCIALE	26/11/2017	PIANR.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA U.I.U. CIVILE	26/11/2017	UIU002.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA	26/11/2017	067-501-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 00	26/11/2017	L1-042-067-P00.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 01	26/11/2017	L1-042-067-P01.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 02	26/11/2017	L1-042-067-P02.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 03	26/11/2017	L1-042-067-P03.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO SOTTO STRADA	26/11/2017	L1-042-067-S01.dwg
Checklist Termici	L1-042-067-P00-Checklist	26/11/2017	L1-042-067-P00-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-067-P01-Checklist	26/11/2017	L1-042-067-P01-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-067-P02-Checklist	26/11/2017	L1-042-067-P02-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-067-P03-Checklist	26/11/2017	L1-042-067-P03-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-067-S01-Checklist	26/11/2017	L1-042-067-S01-Checklist.xlsx
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14	08/11/2017	5700065495
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14	08/11/2017	5700098218
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-02-14 al 31-03-14	08/11/2017	5700134957
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700176145
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-04-14 al 31-05-14	08/11/2017	5700214975
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-05-14 al 30-06-14	08/11/2017	5700248944
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14	08/11/2017	5700291206
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-08-14 al 30-09-14	08/11/2017	5700345541
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-09-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700411327
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14	08/11/2017	5700373449
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-11-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700493139
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700493139
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5750081967
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5700544142
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-04-15 al 30-04-15	08/11/2017	E000140844
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-05-15 al 31-05-15	08/11/2017	E000175672
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000234065
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	E000386676
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	E000386676
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	E000386676
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-10-15 al 30-10-15	08/11/2017	E000432863
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	E000483582
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	E000018557
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	E000310245
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060830
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074903
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640126636
Bollette EE	POD:IT001E00096229 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	11640100078
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-01-15 al 31-03-15	08/11/2017	20151892
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-04-15 al 30-06-15	08/11/2017	P150007518
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	P150015576

Titolo		Data	Nome file
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	P150019771
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	P150032667
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-10-15 al 31-10-15	08/11/2017	P150037967
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	P150048624
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	P160003881
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	P160012671
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-02-16 al 29-02-16	08/11/2017	P160023980
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	P160031417
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	P160041242
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-05-16 al 31-05-16	08/11/2017	EX19107/2016
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	EX22893/2016
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	EX26900/2016
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	EX31010/2016
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-09-16 al 30-09-16	08/11/2017	EX33534/2016
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	EX38844/2016
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-11-16 al 30-11-16	08/11/2017	EX43773/2016
Bollette GAS	PDR: 03270020156252 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	08/11/2017	EX03011/2017

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Fotografie da sopralluogo	Fotografie da sopralluogo	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0875_Foto da 1 a 16
Contatori	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con posizione impianti e contatori	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0875_Contatori
Zone termiche	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0875_ZoneTermiche
Impianto Elettrico	Diagramma a blocchi impianto elettrico conforme allo stato di fatto	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0875_Impianto Elettrico
Impianto termico	Diagramma a blocchi impianto termico conforme allo stato di fatto	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0875_ImpiantoTermico
Calcolo Elettrico	Dettaglio di calcolo del modello elettrico	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0875_CalcoloElettrico

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	06/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E0875

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	06/2018	ALLEGATO D_Lotto.6 – E0875

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	06/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E0875

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	06/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E0875

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E0875

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	06/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E0875

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	06/2018	GG_Lotto6-E0875

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
	Schede di audit	06/2018	Lotto.6-E0875_Schede-Audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	06/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E0875

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	06/2018	Lotto.6-E0875_analisi-PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E0875

ALLEGATO N – CD-ROM

[Allegare CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.]