

Scuola materna "ARCOBALENO", Scuola materna-elementare "2 GIUGNO" e Scuola media "CAFFARO" (succursale)

E1183

VIA FRATELLI DI CORONATA 11

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



Luglio/2018

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



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

**Scuola materna “ARCOBALENO”, Scuola
materna-elementare “2 GIUGNO” e Scuola
media “CAFFARO” (succursale)**

E1183

VIA FRATELLI DI CORONATA 11

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

CASa Associati

Via Cetteo Ciglia 54 – 65128 – Pescara

Tel: 085 4311109 – 349 5394754 – info@casaassociati.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[A]	[16/04/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Prima emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[B]	[22/05/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Seconda emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[C]	[19/06/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Terza emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[D]	[27/07/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Pubblicazione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			

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

INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	1
1 INTRODUZIONE	3
1.1 PREMessa	3
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	3
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	4
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	4
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	5
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	8
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	9
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	9
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	9
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	11
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	11
3 DATI CLIMATICI	13
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	13
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	14
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	14
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	16
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	16
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	16
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	20
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	20
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	23
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	24
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	26
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	27
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	27
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	29
5 CONSUMI RILEVATI	31
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	31
5.1.1 <i>Energia termica</i>	31
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	33
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	37
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	42
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	42
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	43
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	44
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	45
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	46
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	48
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	48
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	48
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	48
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	51



7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	52
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	54
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	54
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	54
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	56
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	62
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	62
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	63
9.1	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	65
9.2	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	71
9.2.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO TERMICO</i>	74
9.2.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	79
10	CONCLUSIONI	84
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	84
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	84
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	85
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		1
ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI		1
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA.....		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		2
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....		2
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....		2
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....		2
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		2
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		2
ALLEGATO N – CD-ROM		2

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1976
Anno di ristrutturazione		2009-2010 (rifacimento impermeabilizzazioni copertura) 2012 (rifacimento parziale controsoffittature)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	5.253
Superficie disperdente (S)	[m ²]	10.386
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	23.503
Rapporto S/V	[1/m]	0,44
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.016
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.016
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a gas tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	800
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	134,134
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rit} /anno]	444.038
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	34.093
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{rel} /anno]	95.156
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	17.853

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento copertura;
- EEM 2: Generatore modulare a condensazione;
- EEM 3: Valvole termostatiche;
- EEM 4: Circolatore con inverter.

- SCN 1: IMPIANTO TERMICO (EEM2+3+4);
- SCN 2: INVOLUCRO E IMPIANTO (EEM1+2+3).

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	6,8	6,8	3.449	-	-	186.600	25,6	37,6	30	-38.728	0,9	-0,21	-	-
EEM 2	32,4	32,4	16.527	2.267	603	65.795	2,7	2,9	15	147.863	33,2	2,25	-	-
EEM 3	8,4	8,4	4.273	-	-	9.943	2,4	2,6	15	31.626	38,8	3,18	-	-
EEM 4	6,9	6,9	3.740	-	-	9.776	2,7	2,9	15	26.753	34,7	2,74	-	-
SCN 1	46,9	46,9	24.103	2.667	603	85.514	2,46	2,80	-	21.763	43,5	0,26	1,289	1,582
SCN 2	45,5	45,5	23.184	2.667	603	262.339	3,28	3,65	-	48.428	41,41	0,19	1,217	0,611

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

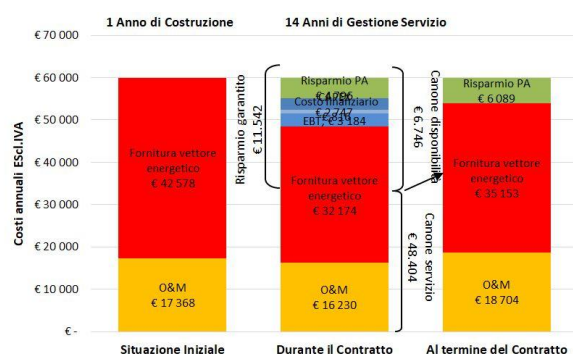
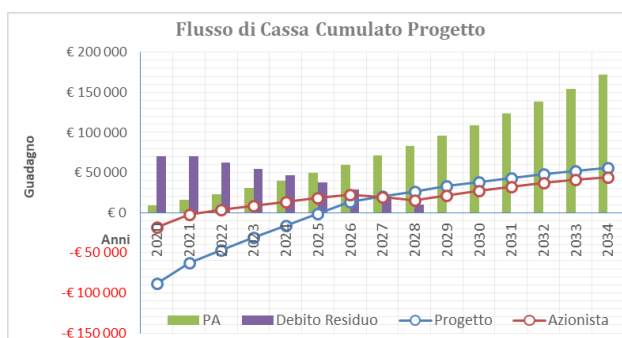
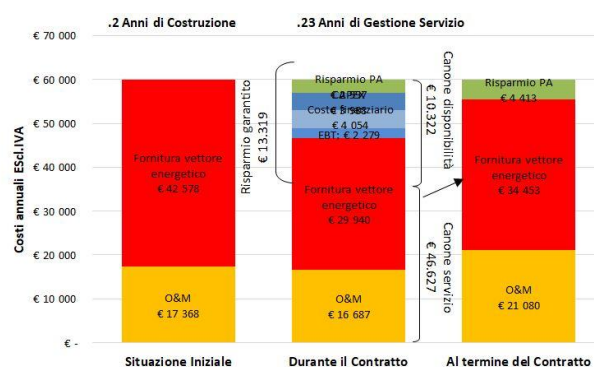
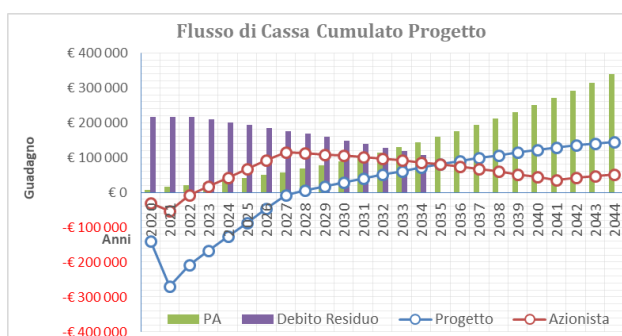


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di tre classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla F alla C**, attraverso lo scenario 1 secondo le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità rilevate dal punto di vista edilizio ed impiantistico. A tal riguardo si specifica che si fa particolare riferimento solo alle condizioni di obsolescenza del generatore e di altre parti dell’impianto termico e della copertura, senza considerare l’involucro opaco verticale e trasparente che, seppure in pessime condizioni non presenta la possibilità concreta di intervento. Infatti, trattandosi di una struttura realizzata con pannelli prefabbricati a ridottissimo spessore non è possibile intervenire sugli infissi senza sostituire anche il pannello prefabbricato sottostante. La sostituzione congiunta di infisso e pannello equivarrebbe al rifacimento completo dell’involucro esterno verticale della scuola ed, evidentemente, non risulta economicamente conveniente.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore di calore con uno modulare a condensazione, l’installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti e la sostituzione dell’attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima, per lo scenario 2 che risulta essere quello più performante in termini di ambientali, **una riduzione complessiva di 27.219 kg CO2**. **In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, sarebbe possibile risparmiare 144.101 kWh.**

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici, la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre i gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

Con DGC n. 225 del 17/09/2015 l'amministrazione ha pertanto partecipato al bando ministeriale denominato “Fondo Kyoto Scuole 3” attraverso il quale, con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 26 Agosto 2016 n.197/CLE, è stato riconosciuto al Comune di Genova un finanziamento a tasso agevolato pari a € 1.127.506,00 per l'elaborazione delle **Diagnosi energetiche (DE)** di 204 edifici scolastici necessarie per la programmazione futura degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici stessi.

Figura 1.1 - Vista di una facciata laterale



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'efficiamento energetico degli edifici scolastici e universitari pubblici”, (fondo Kyoto) - lotti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9”

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

Scopo della DE è quindi la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del 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 CASa Associati, il cui responsabile per il processo di audit è l’arch. Carmela Palmieri, soggetto certificato Esperto in Gestione dell’Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

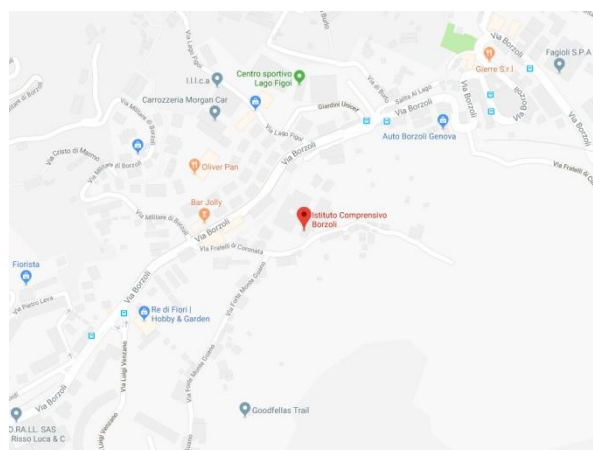
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carmela Palmieri Marco Santomauro Fabio Armillotta Pierluigi Fecondo Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Sopralluogo in sito
Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Roberta Campanella		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Fabio Armillotta		Prove strumentali: Termografie ed endoscopie
Marco Santomauro	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Pierluigi Fecondo	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Carmela Palmieri	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCT sezione C, F. 69 Mapp. 12 è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Borzoli, un quartiere nella zona occidentale di Genova posto su un’altura a cavallo tra Sestri Ponente, verso mare, e Rivarolo, in Val Polcevera. Comune autonomo fino al 1926, Borzoli nella nuova ripartizione in vigore dal 2005 è una "unità urbanistica" del Municipio V Valpolcevera.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola primaria, secondaria di primo grado e scuola dell’infanzia.

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		1976
Anno di ristrutturazione		2009-2010 (rifacimento impermeabilizzazioni copertura) 2012 (rifacimento parziale controsoffittature)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	5.253
Superficie disperdente (S)	[m ²]	10.386
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	23.503
Rapporto S/V	[1/m]	0,44
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.016
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	-
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	6.016
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	Caldaia a gas tradizionale
Tipologia generatore riscaldamento		800
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	-
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Gas metano
Tipo di combustibile		Boiler Elettrici
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		134,134
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	444.038
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rit} /anno]	34.093
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	95.156
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	17.853
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.253

Nota (1): Valori di Baseline

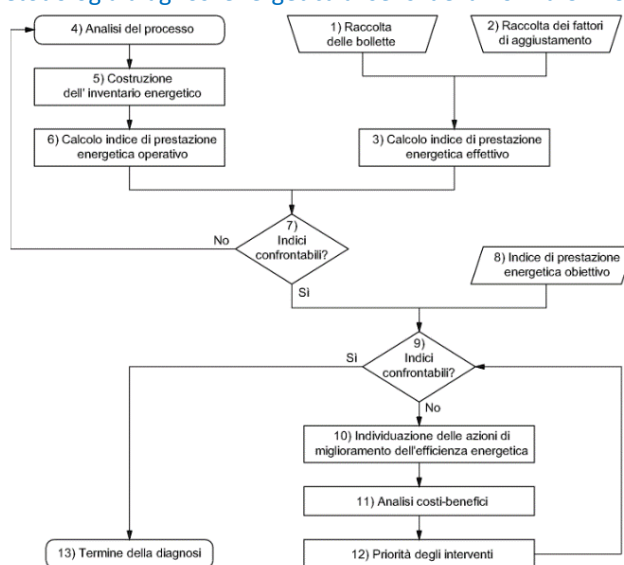
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato ALL'ALLEGATO b – Elaborati grafici.
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software; Analisi dei profili

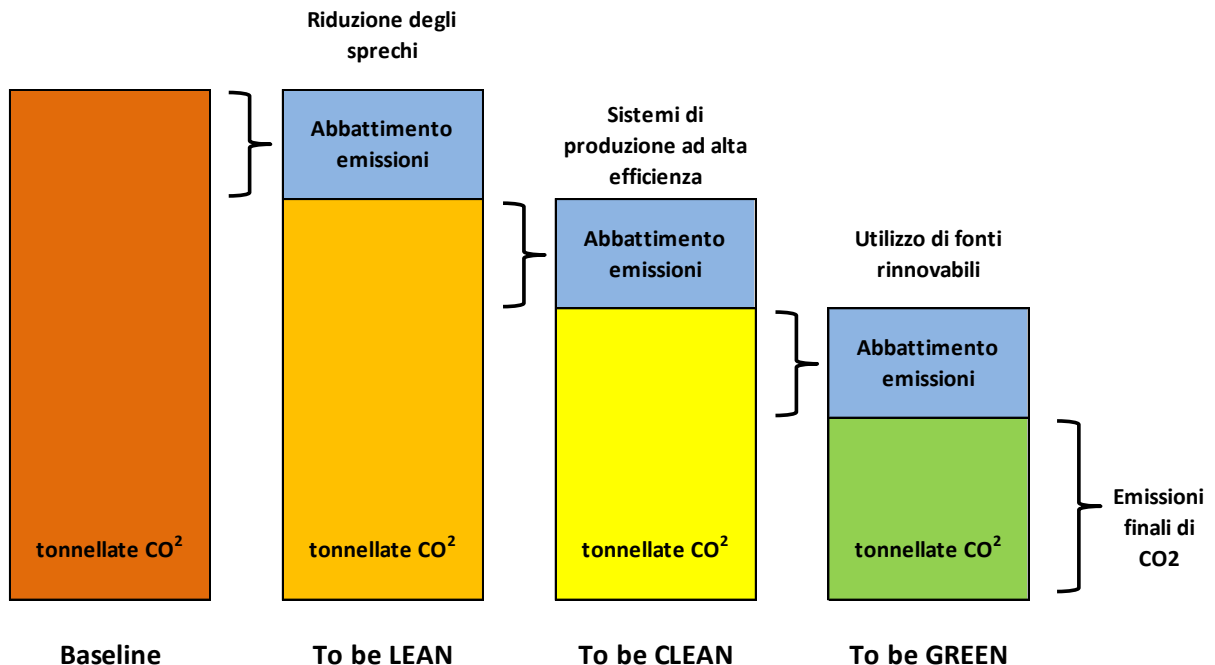
- annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- g) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell’Università di Genova e riportati all’Allegato I – Dati Climatici;
 - h) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO_2) 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});
 - i) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
 - j) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
 - k) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
 - l) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
 - m) 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.
 - n) 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;
 - o) 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;
 - p) 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;
 - q) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
 - r) 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 energetica primario.

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

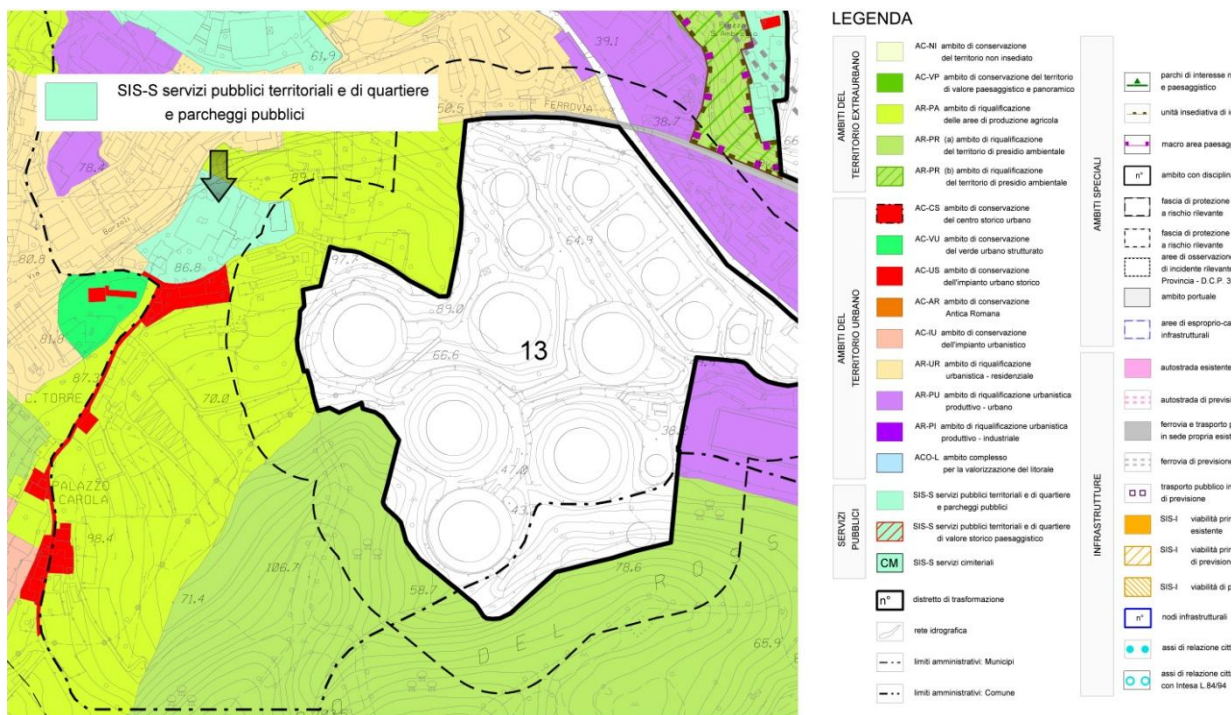
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015 (ultimo aggiornamento 25/10/17), classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio è localizzato a Borzoli est ed è ubicato alla sommità della collina di Borzoli, al confine tra Sestri Ponente e Rivarolo. Attualmente l'unità urbanistica di Borzoli Est, con 2560 abitanti (al 31 dicembre 2010), fa parte di Rivarolo e di conseguenza è amministrata dal Municipio V Polcevera.

L'edificio è stato realizzato nel 1976 e nel tempo è stato oggetto di vari interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria. In particolare, a partire dal 2009-2010 è stata rifatta l'impermeabilizzazione delle coperture che presentavano numerose problematiche di infiltrazioni e nel 2012 sono stati parzialmente sostituiti i controsoffitti.

L'edificio ospita la scuola per l'infanzia “Arcobaleno”, la scuola primaria "2 Giugno", la scuola per l'infanzia "2 Giugno" e la scuola media "Caffaro". L'utenza delle scuole proviene dalle zone di Sestri Ponente e Rivarolo e può raggiungere la struttura con propri mezzi o con l'autobus di linea “53”.

Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica dell'asilo è volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, e rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di interesse

socio-culturale, poiché trattandosi di una struttura scolastica, sarebbe utile alla sensibilizzazione degli utenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

La scuola per l’infanzia “Arcobaleno” è organizzata in tre 3 sezioni di 25 bambini di età eterogenea e dispone di un ampio salone, di un giardino esterno attrezzato e spazi per attività laboratoriali e di piccolo gruppo. La scuola per l’infanzia “2 Giugno” è costituita da due sezioni per complessivi 34 bambini, la scuola primaria “2 Giugno” ospita 10 classi (185 bambini) e la scuola secondaria di I grado “Caffaro” (succursale) ospita 5 classi (125 bambini).

Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 419 bambini, oltre a maestre e collaboratrici scolastiche. Inoltre, è importante evidenziare come, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, l’efficientamento dell’edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L’edificio, ospitante la scuola media oggetto della DE, è disposto su cinque livelli principali: al piano terra (in parte controterra) ci sono il refettorio e una serie di locali di servizio non più utilizzati e in completo stato di abbandono (ex cucina, dispensa, magazzini e servizi igienici); al piano primo sono localizzate le due scuole dell’infanzia, con accessi separati al di sotto di uno spazio coperto, con le aule, i laboratori, i servizi igienici e il refettorio (solo ad uso della scuola per l’infanzia “Arcobaleno”); al piano secondo e terzo sono localizzate la scuola primaria “2 Giugno” e la succursale della scuola secondaria di primo grado “Caffaro” con le aule didattiche e speciali, la palestra, il teatro e i servizi igienici; al piano quarto ci sono le ultime aule e i servizi igienici della scuola secondaria di primo grado.

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



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 grafici.

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Casa del custode, magazzini, cucina, refettorio	[m ²]	698	494	-
Primo	Ingresso, atrio, aule, biblioteca, refettorio, bagni, magazzini	[m ²]	1.587	1.328	-
Secondo	Aule, atrio, spogliatoio, palestra, deposito, teatro	[m ²]	2.114	1.818	-
Terzo	Aule, atrio, laboratori, magazzino	[m ²]	1.126	1.124	-
Quarto	Aule, atrio, laboratori, magazzino	[m ²]	491	489	-
TOTALE		[m ²]	6.016	5.253	-

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

Dal punto di vista storico l'edificio degli anni 70 non è classificato come **bene di interesse Storico ed Artistico Particolarmente Importante**, pertanto, nell'analisi delle EEM non si è resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti

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.

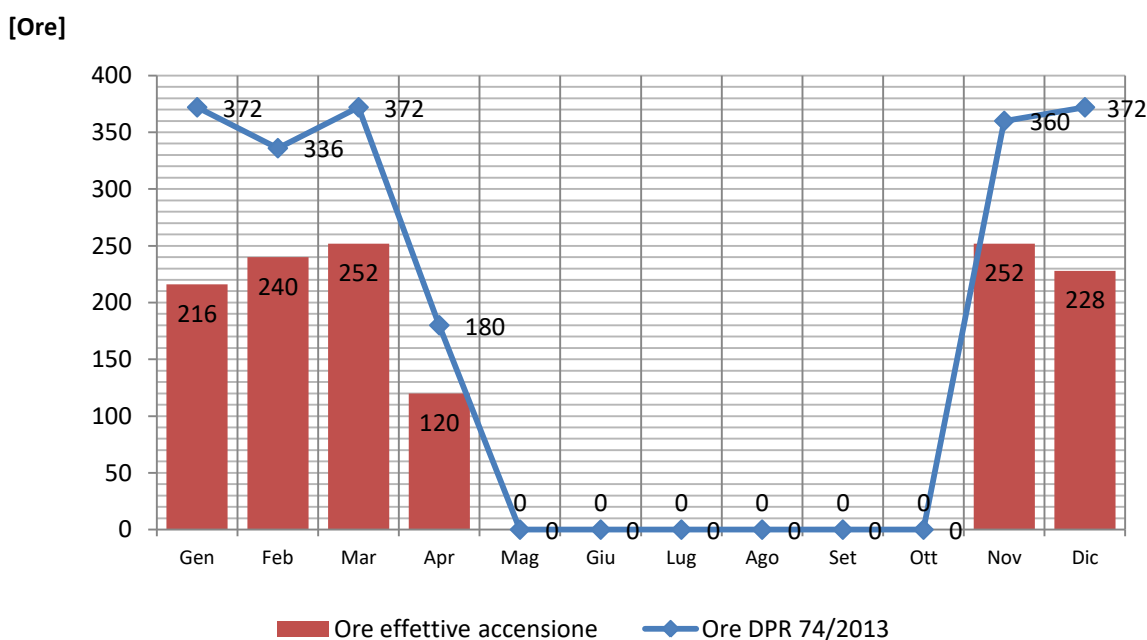
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 14 Settembre al 31 Ottobre	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	6.00 – 18.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 01 Luglio al 13 Settembre	tutti i giorni	chiuso	spento

Figura 2.3 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle attività dell'asilo, ma dipendono anche dalla presenza di

personale all'interno della struttura pertanto un'ora prima dell'arrivo dei bambini ed un'ora dopo l'edificio è occupato dal personale scolastico. L'impianto inoltre si accende un'ora prima dell'arrivo del personale.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 905 GG su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG_{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21,22%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21,00%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20,66%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	52	5,72%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	14	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14,81%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16,58%

TOTALE	365	16,7	166	1421	212	111	905	100%
--------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	------

3.2 DATI CLIMATICI REALI

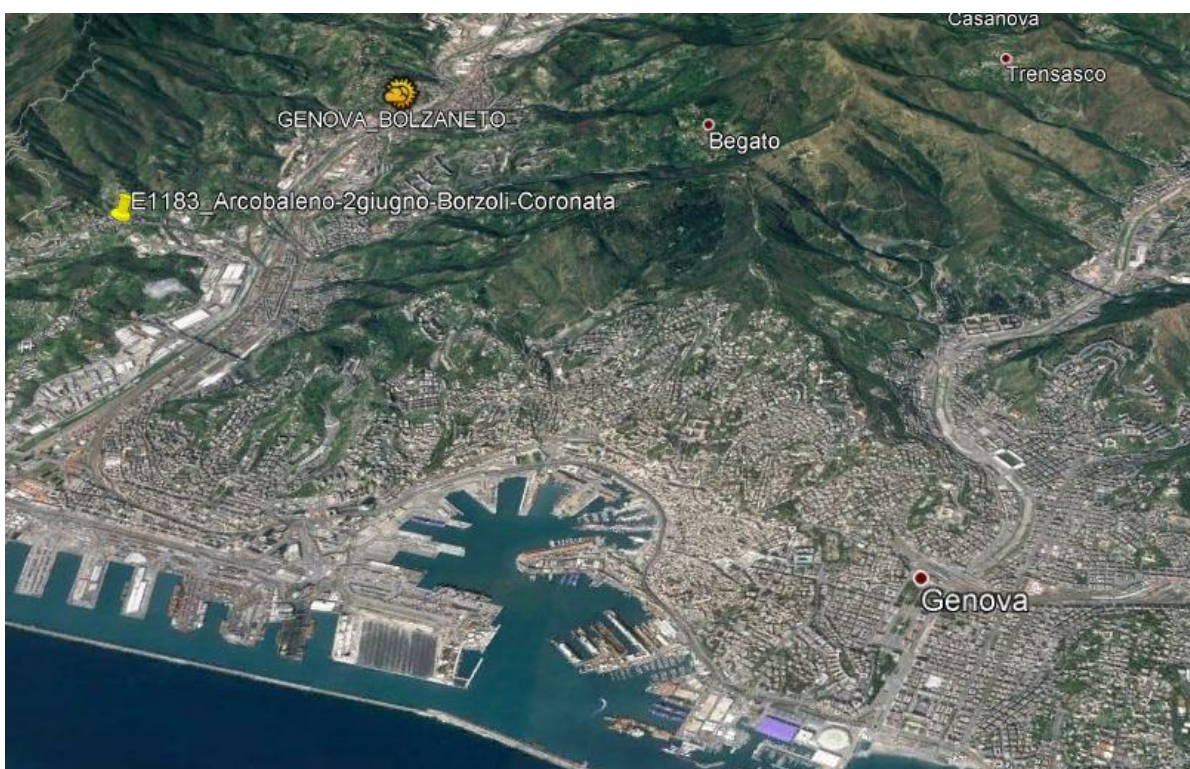
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA-BOLZANETO (Long. 8° 53’ 44.196’’ – Lat. 44° 27’ 19.08’’ – Altezza sul livello del mare 47m).

In mancanza di specifiche tecniche relative alla tipologia di centralina climatica, si riporta di seguito il link di riferimento da cui sono stati estrapolati i dati climatici utilizzati per il calcolo dei gradi giorno: <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp>.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è l’unica disponibile e fornita dalla PA per l’edificio oggetto della presente DE.

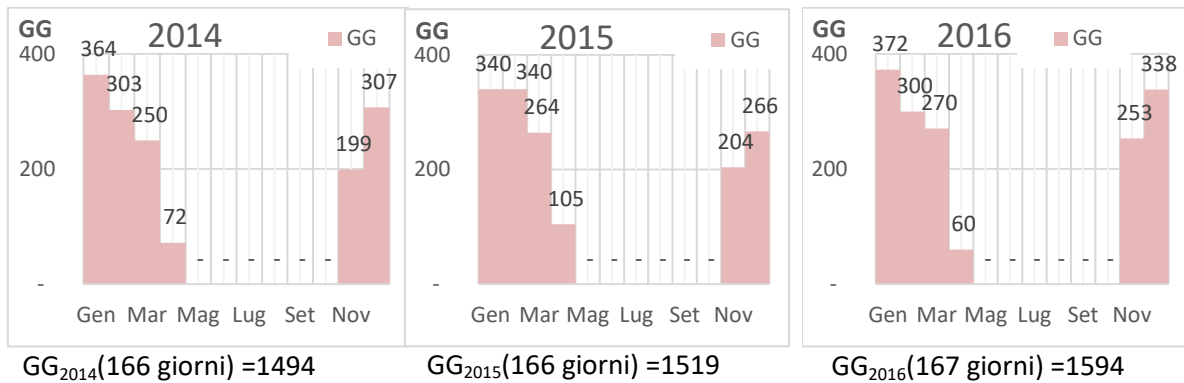
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

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



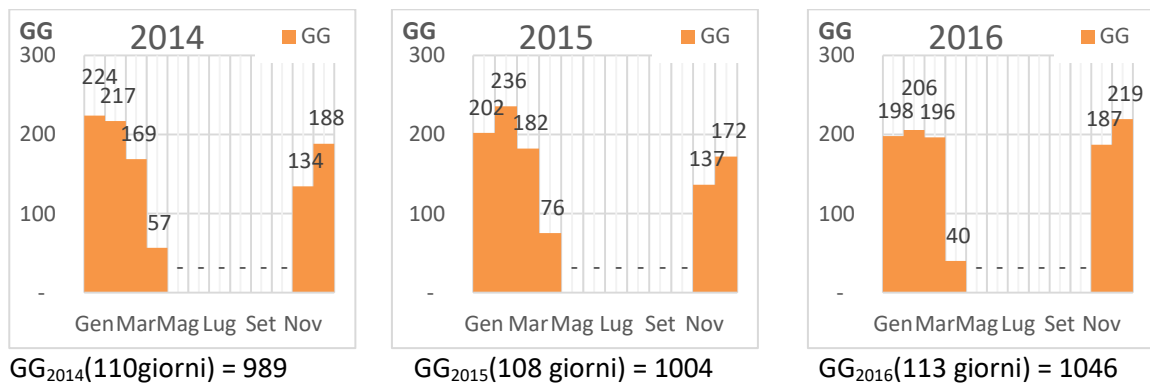
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell’edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1013 GG calcolati su 110 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 evidenzia l’innalzamento medio delle temperature esterne per il sito di riferimento e dunque la necessità di normalizzare i dati di consumo energetico.

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 pannelli prefabbricati in bachelite con interposto strato di isolamento in poliuretano per complessivi 6 cm di spessore. La struttura portante è in metallo e all'interno è rivestita con blocchetti in calcestruzzo cellulare.

I solai sono di tipo prefabbricato in cls con controsoffitti. Agli ultimi piani al di sopra del controsoffitto è inserito un pannello in lana di roccia da 4-5 cm ma sono presenti diverse aule completamente prive di controsoffitto con la struttura in cemento a vista. Complessivamente la struttura, progettata per una scuola da realizzare in Africa (secondo quanto riferito da alcuni operatrici scolastiche) risulta del tutto inadeguata alle condizioni climatiche locali e in pessime condizioni da un punto di vista della conservazione con problemi di tenuta dei pannelli esterni e della copertura e consistenti infiltrazioni di acqua nelle aule.

Figura 4.1 – Particolare dei pannelli prefabbricati della facciata



Figura 4.2 - Particolare del solaio di un'aula priva di controsoffitto

Questa soluzione realizzativa presenta numerose problematiche legate alla scarsissima qualità dell'involucro opaco e trasparente e alla presenza di numerosi ponti termici. Complessivamente la scuola ha significativi problemi di comfort, soprattutto nel periodo invernale, quando la scuola risulta particolarmente fredda. Questo dato è stato riportato da insegnanti e personale di servizio. Una situazione particolarmente critica si registra nel refettorio al piano terra/seminterrato, in cui in inverno si rilevano temperature interne di 10-11 gradi e i bambini sono costretti a mangiare con le giacche.



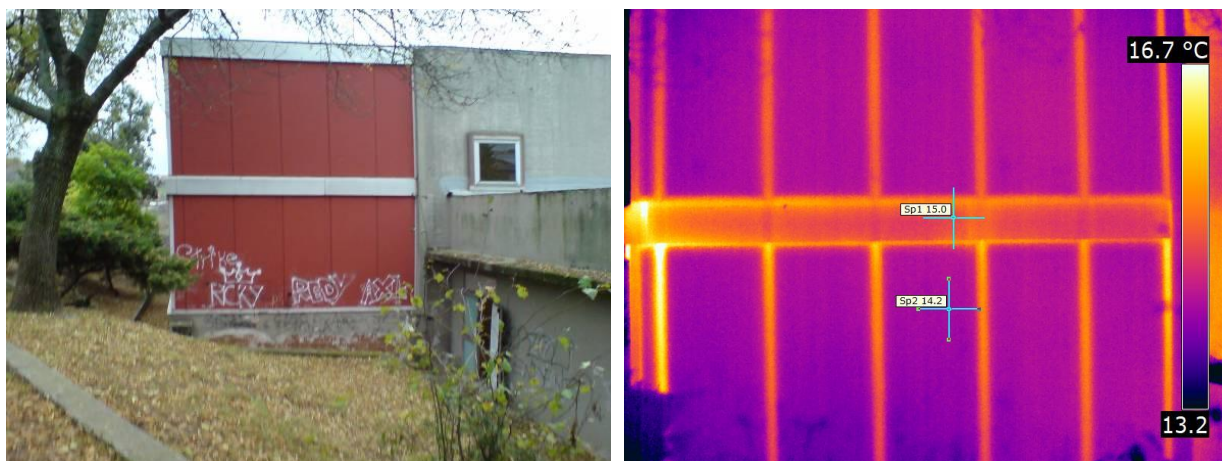
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di termocamera ai sensi della norma UNI EN 13187: 2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all’infrarosso”.
- Indagine endoscopica delle strutture a eseguito tramite videoendoscopio flessibile Eumig-6200, Monitor Type Boroscope.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni dell’involucro edilizio in corrispondenza dei ponti termici geometrici della struttura;
- Dispersioni dell’involucro edilizio in corrispondenza delle zone sottofinestra.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte sud



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all’allegato C – Report indagine Termografica.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ₂ K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio interpiano	SL03	[47,2]	[assente]	[1,84]	[discreto]
Solaio Copertura	SL05	[51,7]	[assente]	[1,80]	[mediocre]
Solaio di Copertura isolato	SL07	[51,7]	[lana di roccia]	[0,55]	[mediocre]
Solaio interpiano senza controsoffitto	SL08	[21,0]	[assente]	[2,14]	[discreto]
Parete esterna prefabbricata	[MR01]	[0,60]	[PUR]	[0,56]	[pessimo]
Parete esterna con controparete	[MR02]	[35,5]	[PUR]	[0,36]	[mediocre]
Parete divisoria a spessore	[MR08]	[35,2]	[assente]	[0,95]	[discreto]

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 in alluminio con vetro singolo in pessimo stato di conservazione e diffusi

problemi di infiltrazioni di acqua.

Gli infissi presentano un sistema di schermatura esterno.

La tipologia ricorrente su tutti i fronti è quella a due ante scorrevoli.

Sono presenti diversi infissi in copertura.

Figura 4.4 - 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 eseguito sensi della norma UNI EN 13187:2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all’infrarosso”.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni termiche in corrispondenza dell’attacco parete-serramento;
- Dispersioni termiche di telaio e vetro.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti sul fronte ovest



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento ad un’anta	WN01	[1.00x2.00] [1.25x1.25] [1.00x0.75]	alluminio	Vetro singolo	5,66	pessimo
Serramento a due ante	WN02	[2.20x2.00]	alluminio	Vetro singolo	5,68	pessimo
Serramento ad un’anta con sopra luce	WN03	[1.00x2.80]	alluminio	Vetro singolo	5,66	pessimo
Serramento a due ante con sopra luce	WN06	[2.10x2.80]	alluminio	Vetro singolo	5,68	pessimo
Serramento porta a due con sopra luce	WN08	[1.00x4.20]	alluminio	Vetro singolo	5,64	pessimo
Serramento porta ad un’anta con sopra luce	WN10	[1.00x3.00]	alluminio	Vetro singolo	5,63	pessimo
Serramento porta a due ante con sopra luce	WN11	[1.80x3.00]	alluminio	Vetro singolo	5,64	pessimo
Serramento ad un’anta in copertura	WN14	[1.00x1.70]	alluminio	Vetro singolo	5,66	pessimo
Serramento a due ante in copertura	WN15	[2.20x1.70]	alluminio	Vetro singolo	5,67	pessimo

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua. Sono presenti due generatori di calore a basamento alimentati a gas metano, un gruppo di circolazione costituito da quattro circolatori gemellari a giri fissi installati in parallelo, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Radiatori su parete interna.

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori erano in funzione a pieno regime, e dalle interviste effettuate è emerso che la temperatura degli ambienti di lavoro non è adeguata per lo svolgimento delle attività scolastiche.

Figura 4.6 - Particolare di un corpo scaldante installato all'interno di un'aula



Figura 4.7 – Particolare di un radiatore installato all'interno di un ambiente di lavoro



Figura 4.8 - Particolare di un radiatore installato all'interno di un ambiente di lavoro



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola Materna-Elementare 2 Giugno	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Scuola Materna-Elementare 2 Giugno	Radiatori su parete interna	93%
Scuola Materna Arcobaleno	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Scuola Materna Arcobaleno	Radiatori su parete interna	93%

Scuola Media Caffaro	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Scuola Media Caffaro	Radiatori su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

ZONA TERMICA	PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]	
Scuola Materna-Elementare 2 Giugno	Terra	Su parete esterna non isolata	5	1,18	5,9	-	-	
		Su parete interna	1	0,5	0,5	-	-	
		Su parete esterna non isolata	2	0,5	1	-	-	
		Su parete esterna non isolata	7	1,31	9,17	-	-	
	Primo	Su parete interna	2	1,31	2,62	-	-	
		Su parete esterna non isolata	2	1,31	2,62	-	-	
		Su parete esterna non isolata	4	1,23	4,92	-	-	
		Su parete esterna non isolata	5	1,05	5,25	-	-	
		Su parete esterna non isolata	4	0,56	2,24	-	-	
		Su parete interna	2	1,23	2,46	-	-	
		Secondo	Su parete esterna non isolata	10	1,05	10,5	-	-
			Su parete esterna non isolata	2	0,56	1,12	-	-
			Su parete interna	2	1,05	2,1	-	-
			Su parete interna	2	0,56	1,12	-	-
	Su parete esterna non isolata		1	1,23	1,23	-	-	
	Su parete interna		1	0,37	0,37	-	-	
	Terzo	Su parete esterna non isolata	1	0,37	0,37	-	-	
		Su parete esterna non isolata	4	2,94	11,76	-	-	
		Su parete interna	3	2,94	8,82	-	-	
		Su parete esterna non isolata	5	0,93	4,65	-	-	
		Su parete esterna non isolata	6	1,23	7,38	-	-	
		Su parete esterna non isolata	5	1,05	5,25	-	-	
		Su parete interna	1	0,56	0,56	-	-	
		Su parete esterna non isolata	3	0,56	1,68	-	-	
		Su parete esterna non isolata	2	0,86	1,72	-	-	
		Su parete interna	2	1,23	2,46	-	-	
	Scuola Materna	Primo	Su parete interna	1	1,05	1,05	-	-
			Su parete interna	1	1,31	1,31	-	-
Su parete esterna non isolata			3	1,23	3,69	-	-	
Su parete esterna non isolata			3	1,23	3,69	-	-	

Arcobaleno								
		Su parete esterna non isolata	9	1,05	9,45	-	-	
		Su parete interna	1	1,23	1,23	-	-	
		Su parete esterna non isolata	5	0,56	2,8	-	-	
		Su parete esterna non isolata	3	1,31	3,93	-	-	
		Su parete interna	3	0,56	1,68	-	-	
		Su parete esterna non isolata	2	1,87	3,74	-	-	
		Su parete interna	2	1,87	3,74	-	-	
		Su parete interna	2	1,05	2,1	-	-	
		Su parete interna	2	1,31	2,62	-	-	
Scuola Media Caffaro	Primo	Su parete esterna non isolata	5	1,31	6,55	-	-	
		Su parete interna	1	2,94	2,94	-	-	
			Su parete esterna non isolata	4	2,94	11,76	-	-
			Su parete interna	2	0,56	1,12	-	-
			Su parete interna	10	1,31	13,1	-	-
			Su parete esterna non isolata	8	1,31	10,48	-	-
			Su parete esterna non isolata	1	0,77	0,77	-	-
			Su parete esterna non isolata	6	1,05	6,3	-	-
			Su parete interna	4	1,05	4,2	-	-
		Terzo	Su parete esterna non isolata	6	0,93	5,58	-	-
			Su parete interna	2	0,78	1,56	-	-
			Su parete esterna non isolata	1	1,05	1,05	-	-
			Su parete interna	1	0,37	0,37	-	-
			Su parete interna	1	0,67	0,67	-	-
			Su parete esterna non isolata	1	1,23	1,23	-	-
			Su parete esterna non isolata	1	1,05	1,05	-	-
			Su parete esterna non isolata	2	0,75	1,50	-	-
			Su parete interna	3	0,93	2,79	-	-
			Su parete interna	1	0,86	0,86	-	-
		Quarto	Su parete esterna non isolata	12	0,86	10,32	-	-
			Su parete esterna non isolata	2	0,67	1,34	-	-
			Su parete esterna non isolata	1	1,12	1,12	-	-
			Su parete esterna non isolata	1	0,37	0,37	-	-
			Su parete esterna non isolata	1	0,75	0,75	-	-
		Su parete interna	4	1,12	4,48	-	-	
TOTALE			199	-	227,37	-	-	

Nota(1): La potenza dei terminali di emissione è stata calcolata sulla base di quanto fornito dalla P.A. e verificata in sede di sopralluogo.

Nota(2): La differenza di temperatura tra i terminali di emissione e ambiente è assunta pari a 10,2°C, in base a quanto rilevato in sede 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 avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata per funzionare dalle 6:00 alle 18:00 dal lunedì al venerdì.

Non sono presenti dei termostati ambiente a servizio del funzionamento dei radiatori.

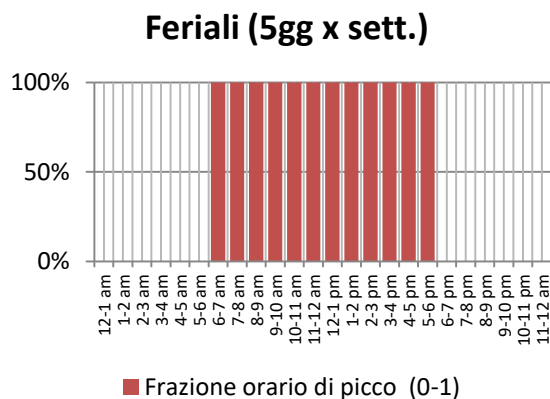
Figura 4.9 - Particolare della centralina di regolazione in Centrale termica



Figura 4.10 – Particolare del sistema di temporizzazione dell'impianto termico



Figura 4.11 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per le zone termiche Scuola Materna-Elementare 2 Giugno, Scuola Materna Arcobaleno e Scuola Media Borzoli-Ex Caffaro



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola Materna-Elementare 2 Giugno	Climatica centralizzata on/off	88%
Scuola Materna Arcobaleno	Climatica centralizzata on/off	88%
Scuola Media Caffaro	Climatica centralizzata on/off	88%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra i generatori di calore e i collettori di mandata e di ritorno in centrale termica;
- 2) Circuito secondario di collegamento tra i collettori in centrale termica e i corpi scaldanti presenti all’interno degli ambienti dell’edificio.

- 1) **Circuito primario:** Non sono presenti circolatori a servizio del circuito primario.

Le temperature del fluido termovettore all’interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito primario	Mandata	Caldo	37,3 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	30,2 (2)	60 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

- 2) **Circuito secondario:** sono presenti quattro circolatori gemellari a giri fissi per ciascuna mandata calda, per i quattro circuiti secondari così denominati:

- Zona 1: Scuola Media Caffaro;
- Zona 2: Scuola Materna Arcobaleno;
- Zona 3: Scuola Materna-Elementare 2 Giugno;
- Zona 4: Palestra.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME		SERVIZIO	PORTATA m ³ /h	PREVALENZA m	POTENZA ASSORBITA kW
Zona 1	P1	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri fissi)	46,0 (1)	14,0 (1)	1,52 (1)
Zona 2	P2	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri fissi)	46,0 (1)	14,0 (1)	1,52 (1)
Zona 3	P3	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri fissi)	46,0 (1)	14,0 (1)	1,52 (1)
Zona 4	P4	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri fissi)	23,0 (1)	7,7 (1)	0,51 (1)
TOTALE					5,07 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa.

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Zona 1	Mandata	Caldo	37,3 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	32,5 (2)	60 (1)
Zona 2	Mandata	Caldo	36,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	32,0 (2)	60 (1)
Zona 3	Mandata	Caldo	35,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	30,0 (2)	60 (1)
Zona 4	Mandata	Caldo	- (3)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	- (3)	60 (1)

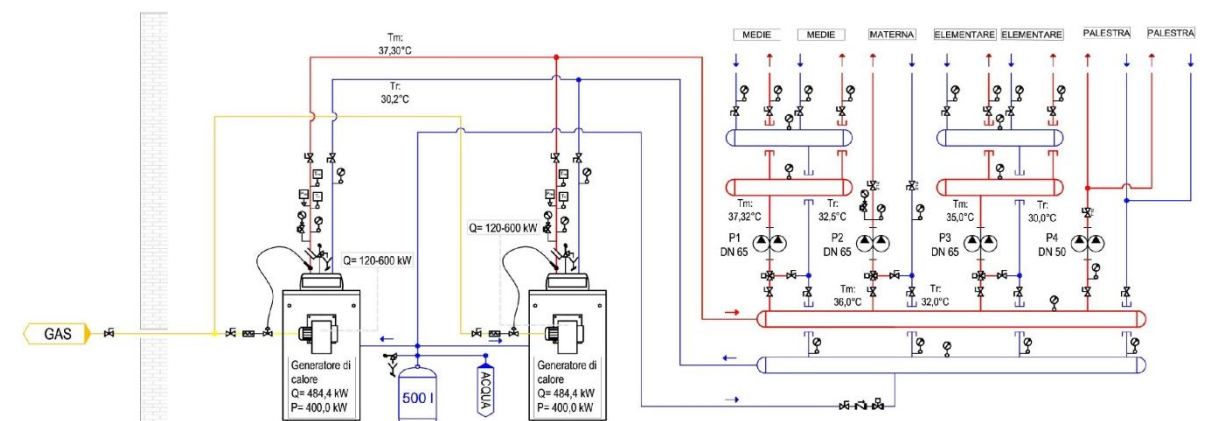
Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo;

Nota (3): In sede di sopralluogo il circuito afferente alla Zona 4 risultava chiuso.

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo non si è avuto un effettivo riscontro tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Figura 4.12 - Particolare dello schema di impianto



Al fine di rilevare le temperature sui singoli tratti all'interno della CT si è provveduto ad un rilievo puntuale mediante un termometro del tipo digitale senza contatto ad infrarossi con puntatore laser – CLASSE IIIA.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari all'89%. Tale rendimento è stato calcolato mediante il metodo previsto dalle norme UNI/TS 11300-2 prospetti 21-23.

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 due generatori a basamento alimentati a gas metano di pari caratteristiche. Ognuno con portata termica pari a 484,40 kW e potenza termica pari a 400,00 kW, di produzione FERROLI modello PREXTHERM 400, anno di costruzione 1997.

Il bruciatori a servizio dei generatori di calore sono entrambi di marca Baltur, modello TBG 60P con portata termica min/Max pari a 120/600 kW, anno di produzione 2008.

Figura 4.13 - Particolare dei generatori di calore in CT



Figura 4.14 - Particolare dei generatori di calore in CT



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche del sistema di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	FERROLI	PREXTHERM 400	1997 (1)	436,0 (2)	400,0 (1)	91,7% (2)	0,15 (1)
Bru 1	Riscaldamento	BALTUR	TBG 60P	2008 (1)	-	600,0 (1)	-	0,96 (1)
Gen 2	Riscaldamento	FERROLI	PREXTHERM 400	1997 (1)	436,0 (2)	400,00 (1)	91,7% (2)	0,15 (1)
Bru 2	Riscaldamento	BALTUR	TBG 60P	2008 (1)	-	600,0 (1)	-	0,96 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa;

Nota (2): Valori ricavati dalla scheda tecnica del produttore.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 77%.

Il rendimento del generatore di calore è stato assunto pari a 91,7% in base a quanto riportato sulla scheda tecnica del produttore.

Si sottolinea che in sede di sopralluogo non è stato possibile rilevare i dati inerenti le prove fumi più recenti in quanto presente un libretto di centrale non aggiornato. Pertanto non è stato possibile effettuare un confronto tra rendimenti di combustione rilevati dalle prove fumi e il rendimento riportato sulla scheda tecnica del produttore. Si rende noto che l’ultima prova fumi svolta e riportata sul libretto di impianto presente in centrale termica è del 07/02/2013. Per tale data il rendimento di combustione risulta pari a 94,4%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso degli studenti e del personale dell’istituto. Il numero complessivo di boiler elettrici installati all’interno dell’istituto e rilevati in sede di sopralluogo è pari a 11.

Figura 4.15 - 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 4.10.

Tabella 4.10 – Rendimenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100% (1)	93% (1)	- (2)	- (2)	75% (1)	70% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2) Sottosistema non presente.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Scuola Materna- Elementare 2 Giugno	Scaldavivande	3	2.000	6.000	200
	Aspiratore	1	50	50	200
	Stufa elettrica	1	2.000	2.000	1.000
	Stampante	1	80	80	300
	Stereo	1	220	220	200
	Televisore	2	100	200	200
	Lim	8	340	2.720	400
	PC	20	220	4.400	400
	Frigorifero	1	380	380	5.520
	Stampante multif.	1	300	300	500
	Distributore caffè	1	1.350	1.350	200
	Distrib. automatico	1	500	500	5.520
	Forno microonde	1	1.000	1.000	300
	Ascensore	1	11.000	11.000	200
Scuola Media Caffaro	PC	13	220	2.860	400
	Tastiera	4	200	800	400
	Casse	2	500	1.000	400
	Stampante multif.	1	300	300	500
	Distributore caffè	2	1.350	2.700	200
	Televisore	2	100	200	200
	Ascensore	1	11.000	11.000	200
Scuola Materna Arcobaleno	PC	1	220	220	400
	Distrib caffè	1	1.350	1.350	200
	Stufa elettrica	4	2.000	8.000	2.000
	Scaldavivande	1	2.000	2.000	200

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon, alogene in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna e nelle aule;
- Lampade alogene installate nella sala spettacoli;
- Plafoniere per illuminazione esterna.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule della scuola materna Arcobaleno



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola Materna- Elementare 2 Giugno	Tubolare	156	72 (4x18)	11.232
	Tubolare	5	116(2x58)	580
	Tubolare	1	58 (1x58)	58
	Incandescenza	2	(60)	120
	Tubolare	21	36 (2x18)	756
	Tubolare	47	72 (2x36)	3.384
Scuola Media Caffaro	Tubolare di emergenza	13	18 (1x18)	234
	Tubolare	11	116 (2x58)	1.276
	Plafoniera esterna	12	72 (4x18)	864
	Tubolare	105	72 (2x36)	7.560
	Tubolare	4	36 (1x36)	144
	Tubolare	53	72 (4x18)	3.816
	Tubolare	8	116 (2x58)	928
	Tubolare	32	58 (1x58)	1.856
Scuola Materna Arcobaleno	Proiettore alogeno	5	(400)	2.000
	Tubolare di emergenza	19	18 (1x18)	342
	Tubolare	94	72 (4x18)	6.768
	Tubolare	11	36 (2x18)	396
	Tubolare di emergenza	1	18 (1x18)	18

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.

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in palestra



Figura 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella sala spettacoli



Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle zone di circolazione interna



Figura 4.20 - Particolare di un proiettore alogeno ubicato all'interno della sala spettacoli



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, 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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Materna “Arcobaleno”;
- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Materna-Elementare “2 Giugno”;
- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Media “Borzoli”;

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base dei m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270049254538	Riscaldamento	71.680	42.589	44.028	675.228	401.185	414.744

Essendo attivo per l'edificio il servizio A del SIE3 non si è svolta l'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione in quanto non sono state fornite le bollette (non in possesso della PA).

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

$$Q_{baseline} = \bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$$

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

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 110 GIORNI	GG _{RIF} SU 111 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 905 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	989	905	71 680	675 419	683,2	618 070	-	-
2015	1 004	905	42 589	401 303	399,7	361 633	-	-
2016	1 046	905	44 028	414 862	396,5	358 674	-	-
Media	1 013	905	52 766	497 195	490,8	444 038	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4:

Tabella 5.4 –Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
-----------	--------

	[Kwh]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	444.038
$Q_{baseline}$	444.038

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Materna “Arcobaleno”;
- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Materna-Elementare “2 Giugno”;
- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Media “Borzoli”;

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096175	Istituto comprensivo	86.609	87.666	94.124	89.466
TOTALE		86.609	87.666	94.124	VALORE MEDIO FATTURATO 89.466

Come si evince dalla tabella 5.6 i consumi ricavati dall’analisi delle fatture, confrontati con i consumi annuali elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file “kyotoBaseline-EXXXX”, presentano alcune differenze come di seguito riassunto:

- Per il 2014 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 6% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 92.356 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 3% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 90.612 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell’8% circa (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 102.499 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 6% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 95.156 kWh).

Considerando che lo scostamento fra il dato ottenuto a seguito dell’analisi della fatturazione e quello fornito dalla PA nel file “kyotoBaseline-EXXXX” è inferiore al 10%, si è deciso di utilizzare il dato fornito dalla PA per la validazione del modello energetico. Pertanto, si assume come valore di baseline 95.156 kWh.

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

POD: IT001E00096175	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	7.868	1.351	1.570	10.789
Feb - 14	7.676	1.144	899	9.719
Mar - 14	7.600	1.253	1.023	9.876
Apr - 14	6.050	1.073	925	8.048
Mag - 14	5.466	1.076	1.030	7.572
Giu - 14	3.610	832	796	5.238
Lug - 14	1.742	414	503	2.659
Ago - 14	594	386	688	1.668
Set - 14	4.343	927	648	5.918
Ott - 14	6.522	1.021	705	8.248
Nov - 14	6.633	946	912	8.491
Dic - 14	6.249	1.005	1.129	8.383
Totale	64.353	11.428	10.828	86.609
POD: IT001E00096175	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	7.144	1.095	1.150	9.389
Feb - 15	8.059	1.197	924	10.180
Mar - 15	7.866	1.217	1.006	10.089
Apr - 15	6.283	999	927	8.209
Mag - 15	5.652	1.171	1.060	7.883
Giu - 15	3.652	795	697	5.144
Lug - 15	1.188	344	322	1.854
Ago - 15	645	249	392	1.286
Set - 15	4.683	950	608	6.241
Ott - 15	7.269	1.236	735	9.240
Nov - 15	7.700	1.083	980	9.763
Dic - 15	6.397	966	1.025	8.388
Totale	66.538	11.302	9.826	87.666
POD: IT001E00096175	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	7.035	1.279	1.066	9.380
Feb - 16	8.206	1.144	890	10.240
Mar - 16	7.905	1.178	1.076	10.159
Apr - 16	6.818	1.287	1.135	9.240
Mag - 16	7.379	1.124	905	9.408
Giu - 16	3.826	787	904	5.517
Lug - 16	1.549	481	635	2.665
Ago - 16	420	223	373	1.016
Set - 16	4.273	921	797	5.991
Ott - 16	7.319	1.116	999	9.434
Nov - 16	8.160	1.196	1.133	10.489
Dic - 16	7.405	1.406	1.774	10.585
Totale	70.295	12.142	11.687	94.124

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

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7 bis.

Tabella 5.7 – Consumi mensili fatturati

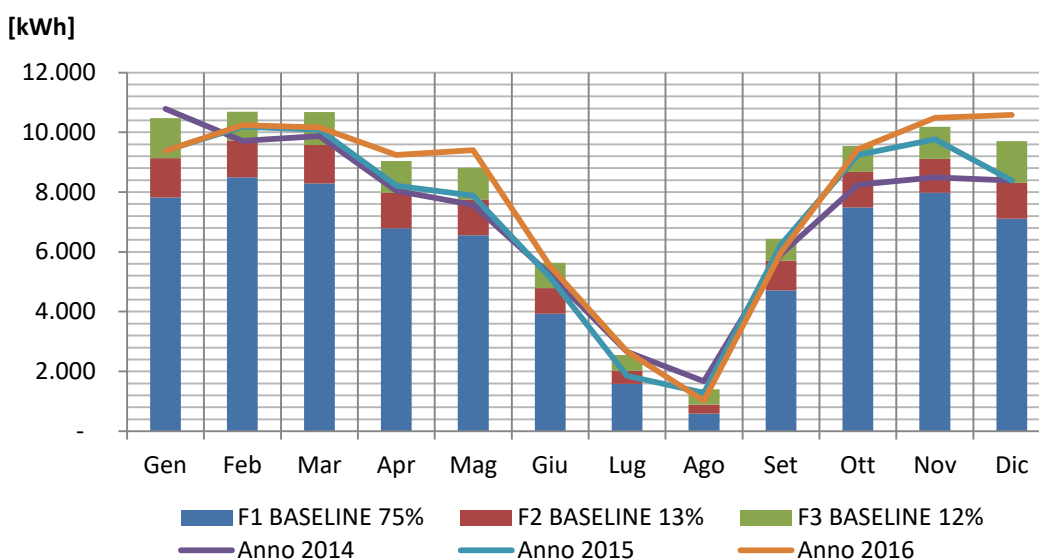
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	7.349	1.242	1.262	9.853
Febbraio	7.980	1.162	904	10.046
Marzo	7.790	1.216	1.035	10.041
Aprile	6.384	1.120	996	8.499
Maggio	6.166	1.124	998	8.288
Giugno	3.696	805	799	5.300
Luglio	1.493	413	487	2.393
Agosto	553	286	484	1.323
Settembre	4.433	933	684	6.050
Ottobre	7.037	1.124	813	8.974
Novembre	7.498	1.075	1.008	9.581
Dicembre	6.684	1.126	1.309	9.119
Totale	67.062	11.624	10.780	89.466

Tabella 5.7 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	7.816	1.321	1.342	10.479
Febbraio	8.488	1.236	962	10.685
Marzo	8.286	1.293	1.101	10.680
Aprile	6.790	1.191	1.059	9.039
Maggio	6.558	1.195	1.062	8.815
Giugno	3.931	856	850	5.637
Luglio	1.588	439	518	2.545
Agosto	588	304	515	1.407
Settembre	4.715	992	728	6.435
Ottobre	7.484	1.196	865	9.545
Novembre	7.974	1.143	1.072	10.190
Dicembre	7.109	1.197	1.393	9.699
Totale	71.327	12.363	11.466	95.156

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.1.

Figura 5.1 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.4 e dettagliatamente nella tabella 4.11, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e le stampanti lasciati in standby o i consumi residui dell'ascensore;
- Presenza di punti luce interni che rimangono accesi;
- Presenza di punti luce esterni che vengono accesi anche nei periodi in cui l'edificio non è utilizzato;
- Utilizzo da parte di utenti terzi dell'edificio.

E' stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, la quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza quarti oraria.

Si sono pertanto analizzati dei profili giornalieri campione, rappresentativi delle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

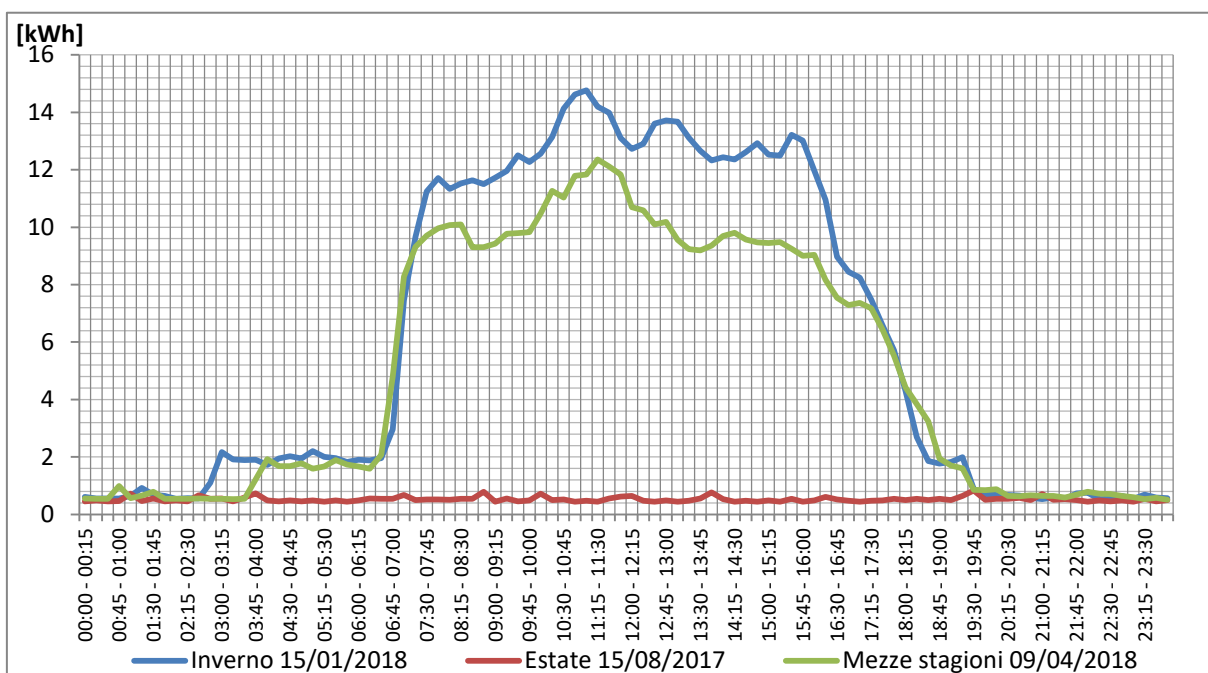
Le giornate analizzate sono riportate nella Tabella 5.7

Tabella 5.7 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Inverno	15/01/2018	Lunedì	Periodo scolastico	8
Estate	15/08/2017	Martedì	Periodo di Vacanze	25
Mezza stagione	09/04/2018	Lunedì	Periodo scolastico	14

L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00096175



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo.

Il prelievo di potenza massima è pari a 14,76 kWh e si verifica nel periodo invernale alla data 15/01/2018. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato.

Tali profili risultano coerenti con l’effettivo utilizzo dell’edificio e delle utenze elettriche presenti

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.8.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

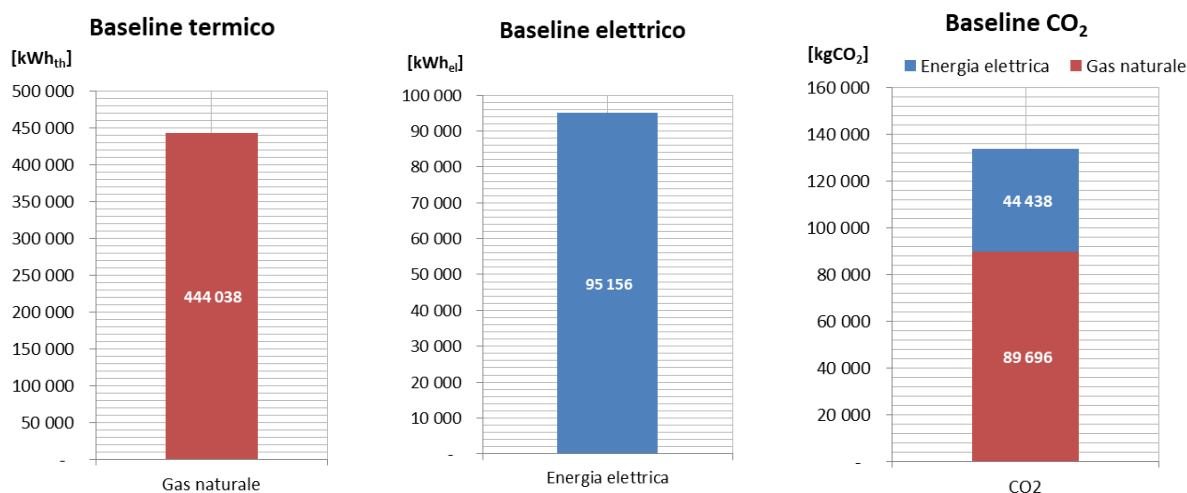
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202

* 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 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂. e nella Figura 5.3.

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	95 156	* 0,467	44,438
Gas naturale	444 038	* 0,202	89,696

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

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

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

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

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

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	5.253	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	6.016	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	23.503	m ³

Nella Tabella 5.12 e Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	444 038	1,05	466 240	88,8	77,5	19,8	17,08	14,91	3,82
Energia elettrica	95 156	2,42	230 278	43,8	38,3	9,8	8,46	7,39	1,89
TOTALE			696 517	133	116	30	26	22	6

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	444 038	1,05	466 240	88,8	77,5	19,8	17,08	14,91	3,82
Energia elettrica	95 156	1,95	185 554	35,3	30,8	7,9	8,46	7,39	1,89
TOTALE			651 794	124	108	28	26	22	6

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

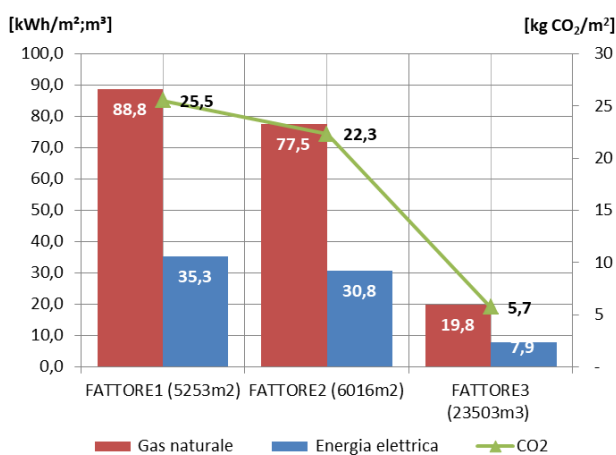
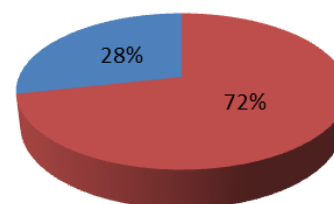
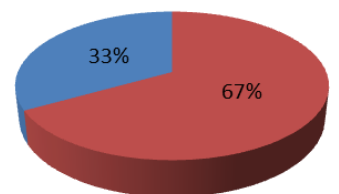


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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 5.14 – 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	17,62	10,47	10,82	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	13,11	12,86	13,50

La valutazione dei consumi energetici specifici (IEN) calcolati per la scuola in esame avviene paragonandoli ai consumi specifici di riferimento relativi ad un campione significativo della realtà nazionale.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i consumi specifici di riferimento organizzati per tipologia scolastica e per classe di merito rispetto alla qualità energetica.

In particolare la classe di merito della scuola in esame si individua in base alla collocazione nelle tabelle di riferimento dello IEN calcolato; tali parametri sono riportati nell'Allegato M – Report di Benchmark.

Tabella 5.16 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

	Wh _t / m ³ x GG x anno		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Secondarie Sup.	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Tabella 5.17 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

	kWh_e / m² x anno		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 11,0	da 11,0 a 16,5	maggiore di 16,5
Elementari, Medie, Secondarie Sup. tranne Ist.Tecn.Ind. e Ist.Prof.Ind.	minore di 9,0	da 9,0 a 12,0	maggiore di 12,0
Ist.Tecn. Ind., Ist. Prof. Ind.	minore di 12,5	da 12,5 a 15,5	maggiore di 15,5

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	320,893	310,943
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	280,957	278,763
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	5,471	4,409
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	32,033	25,812
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	2,433	1,96
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	75,404	71,339

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	143.234	1.416.728
Energia Elettrica	-	276.754

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	$E_{W, aux, gn}$
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 i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base delle ore di funzionamento dei singoli apparecchi e della loro potenza di targa come indicato nella tabella 4.13 - Elenco caratteristiche altre utenze elettriche.

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 che l’impianto ha una gestione del tipo intermittente e che non è in funzione tutti i giorni della settimana.

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	119,485	113,686
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	99,590	97,655
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,445	1,164
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	32,033	25,812
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	2,433	1,96
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	36,888	33,239

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. Inoltre si fa presente che gli indici calcolati sono paragonabili a quelli calcolati nelle tabelle 5.13 e 5.14. Le incongruenze nell’ordine del 10% sono riconducibili alla porzione di energia elettrica imputabile alle FEM così come calcolate nel paragrafo 4.5 e non inserite all’interno del modello di calcolo.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	74.605	448.442
Energia Elettrica	-	95.522

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]	[%]
448.442	444.038	1,0

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
95.522	95.156	0,4

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

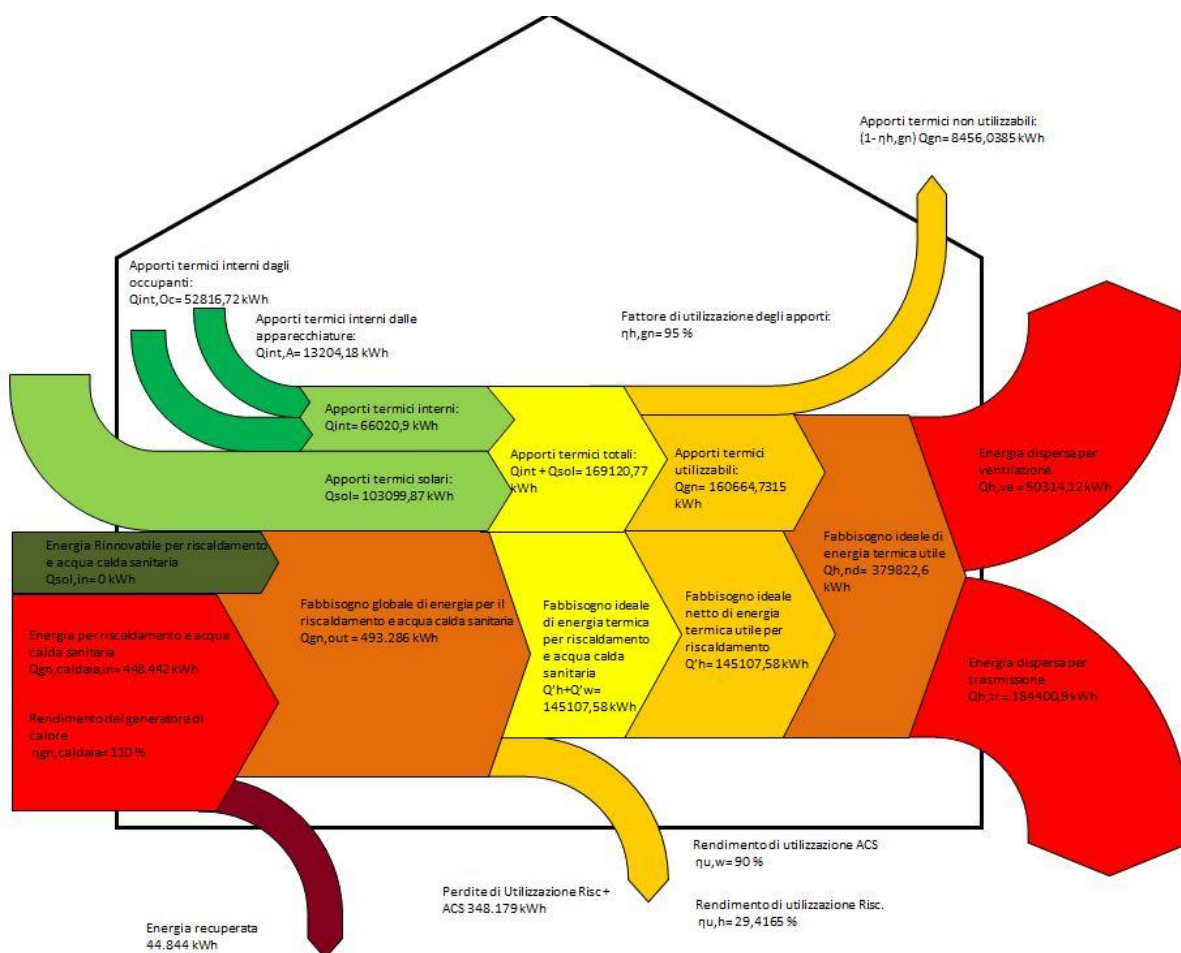
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

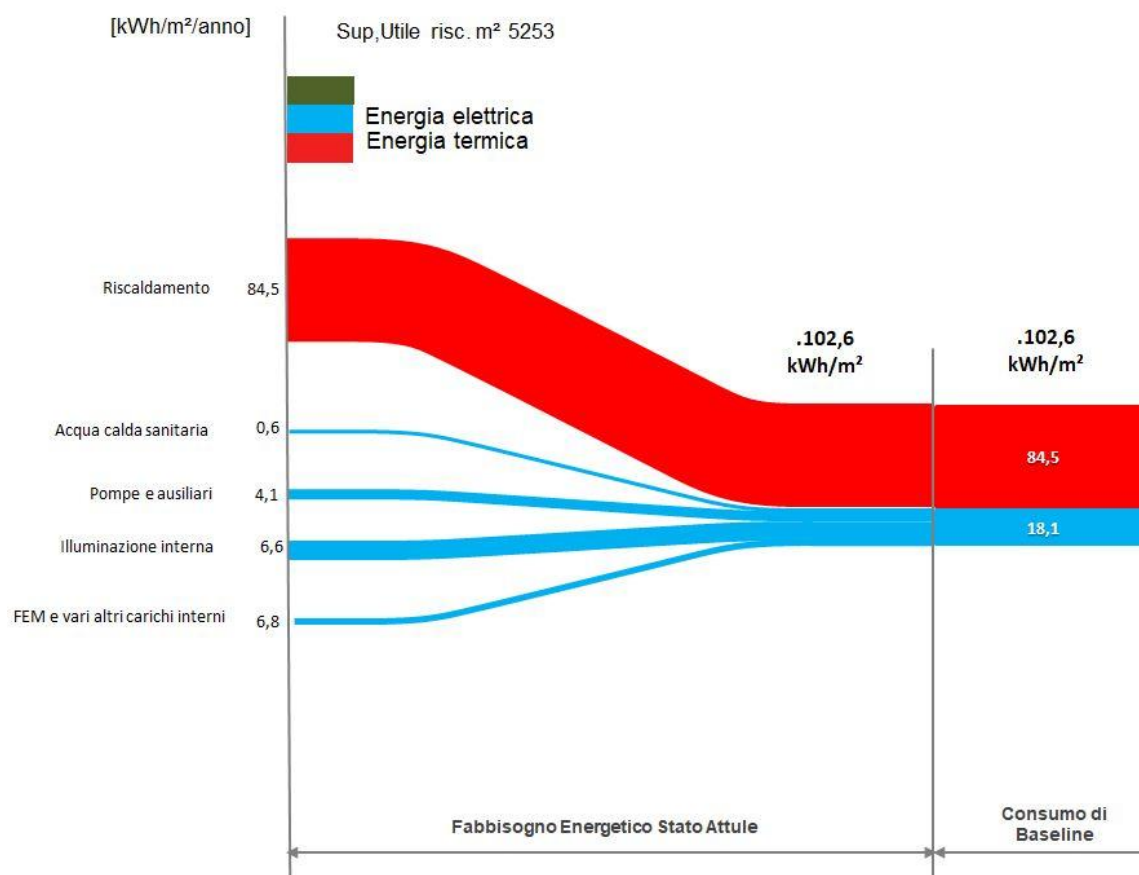
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le perdite di generazione sono notevoli.

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

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



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

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

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

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

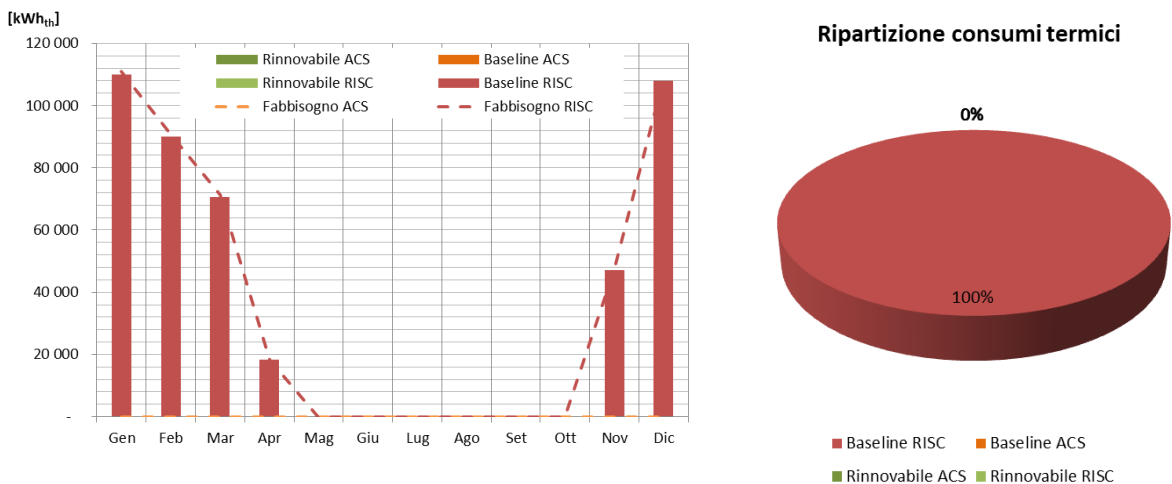
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

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



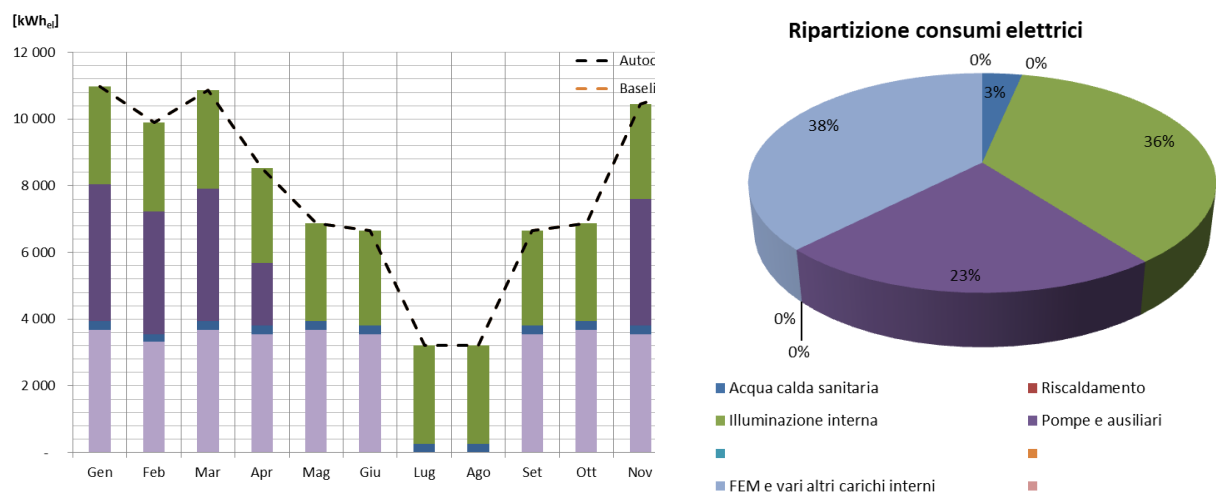
Si può notare come la totalità parte dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti impiantistici e dell’involucro deputati a tale scopo.

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 precisa inoltre che alla categoria “FEM e vari altri carichi interni” è stato attribuito il valore di 30.695 kWh, valore derivato dall’utilizzo delle apparecchiature elettriche presenti all’interno della scuola per i tempi stimati e definiti in tabella 4.13 (Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche).

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’utilizzo dei corpi illuminanti per l’illuminazione degli ambienti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un contratto per il PDR presenti all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

PDR 1 – 3270049254538 : 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.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096175: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00096175	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA FRATELLI DI CORONATA 11 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	75,00 kW	75,00 kW	75,00 kW	75,00 kW	53,00 kW
Potenza elettrica disponibile	75,00 kW	75,00 kW	75,00 kW	75,00 kW	75,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA6	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07565 €/kWh	0,07618 €/kWh	0,03453 €/kWh	0,04381 €/kWh	0,05006 €/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 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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



POD: IT001E00096 175	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	812	115	970	135	447	2.479	10.789	0,230
Feb – 14	743	114	892	121	411	2.281	9.719	0,235
Mar – 14	752	116	893	123	415	2.299	9.876	0,233
Apr – 14	611	128	766	101	353	1.958	8.048	0,243
Mag – 14	571	118	708	95	328	1.820	7.572	0,240
Giu – 14	393	83	535	65	237	1.313	5.238	0,251
Lug – 14	197	38	259	33	116	644	2.659	0,242
Ago – 14	116	24	181	21	75	417	1.668	0,250
Set – 14	449	87	574	74	261	1.445	5.918	0,244
Ott – 14	631	109	798	103	361	2.003	8.248	0,243
Nov – 14	646	113	829	106	373	2.067	8.491	0,243
Dic – 14	629	125	831	105	-	1.690	8.383	0,202
Totale	6.552	1.170	8.235	1.083	3.377	20.417	86.609	0,236
POD: IT001E00096 175	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	712	111	870	117	181	1.991	9.389	0,212
Feb – 15	778	122	939	127	197	2.163	10.180	0,212
Mar – 15	769	121	929	126	195	2.140	10.089	0,212
Apr – 15	330	93	670	103	120	1.315	8.209	0,160
Mag – 15	303	90	675	99	117	1.283	7.883	0,163
Giu – 15	189	59	463	64	78	853	5.144	0,166
Lug – 15	66	20	212	23	32	353	1.854	0,191
Ago – 15	46	16	148	16	23	250	1.286	0,194
Set – 15	234	63	560	78	94	1.029	6.241	0,165
Ott – 15	280	94	832	116	132	1.453	9.240	0,157
Nov – 15	301	74	875	122	137	1.509	9.763	0,155
Dic – 15	254	68	850	105	128	1.406	8.388	0,168
Totale	4.262	931	8.023	1.096	1.431	15.744	87.666	0,180
POD: IT001E00096 175	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	506	97	822	117	154	1.696	9.380	0,181
Feb – 16	419	105	886	128	154	1.692	10.240	0,165
Mar – 16	380	104	880	127	149	1.640	10.159	0,161

Apr – 16	303	144	811	116	137	1.510	9.240	0,163
Mag – 16	341	155	786	118	140	1.539	9.408	0,164
Giu – 16	216	89	503	69	88	965	5.517	0,175
Lug – 16	121	56	303	33	51	565	2.665	0,212
Ago – 16	38	22	176	13	25	274	1.016	0,269
Set – 16	279	130	560	75	104	1.148	5.991	0,192
Ott – 16	559	152	832	118	166	1.827	9.434	0,194
Nov – 16	702	167	914	131	191	2.105	10.489	0,201
Dic – 16	662	166	921	132	188	2.069	10.585	0,196
Totale	4.526	1.387	8.392	1.177	1.548	17.030	94.124	0,181

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

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

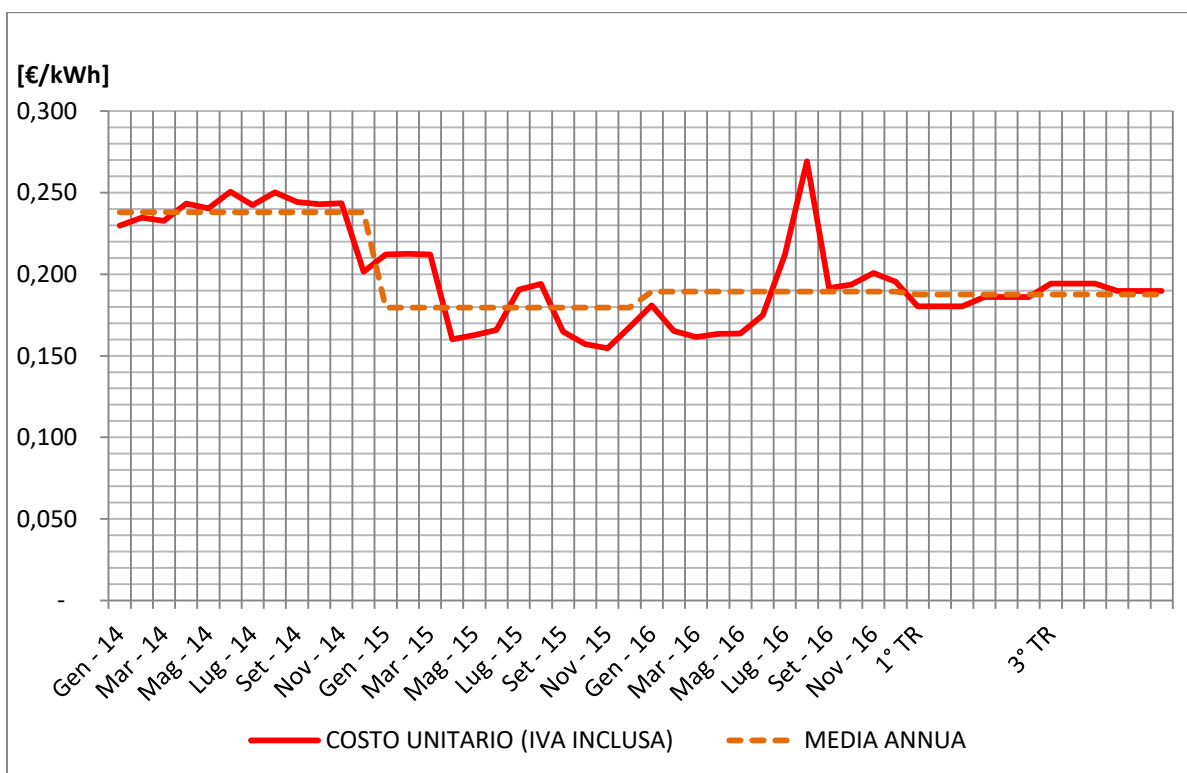
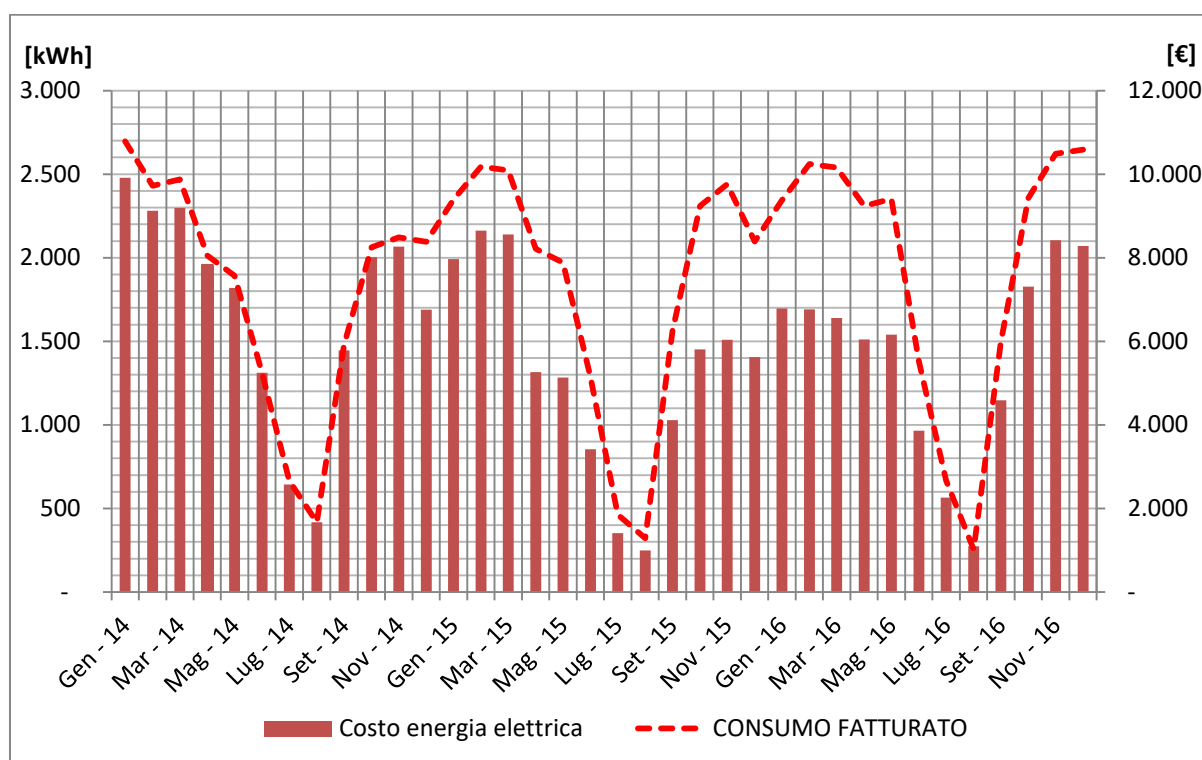


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	86.609	20.417	0,236	n.d.
2015	n.d.	n.d.	n.d.	87.666	15.744	0,180	n.d.
2016	n.d.	n.d.	n.d.	94.124	17.030	0,181	n.d.
2017	n.d.	n.d.	0,0768	n.d.	n.d.	0,186	n.d.
Media	n.d.	n.d.	n.d.	89.446	17.730	0,1966	n.d.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,077 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,188 [€/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:

- L042-000-xxx: servizio SIE3

Facendo riferimento al capitolo 5 del Capitolato Tecnico della convenzione per l'affidamento del servizio integrato energia per le pubbliche amministrazioni ai sensi dell'art. 26 legge n. 488/1999 e s.m.i. e dell'art. 58 legge n. 388/2000, dove sono descritte nel dettaglio le caratteristiche del servizio di “Gestione, Conduzione e Manutenzione”, si deduce che i servizi compresi all'interno della componente manutentiva riguardano:

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 62.782,80 €.

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 7.5.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM_o 22.665	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 6.025	[€/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:

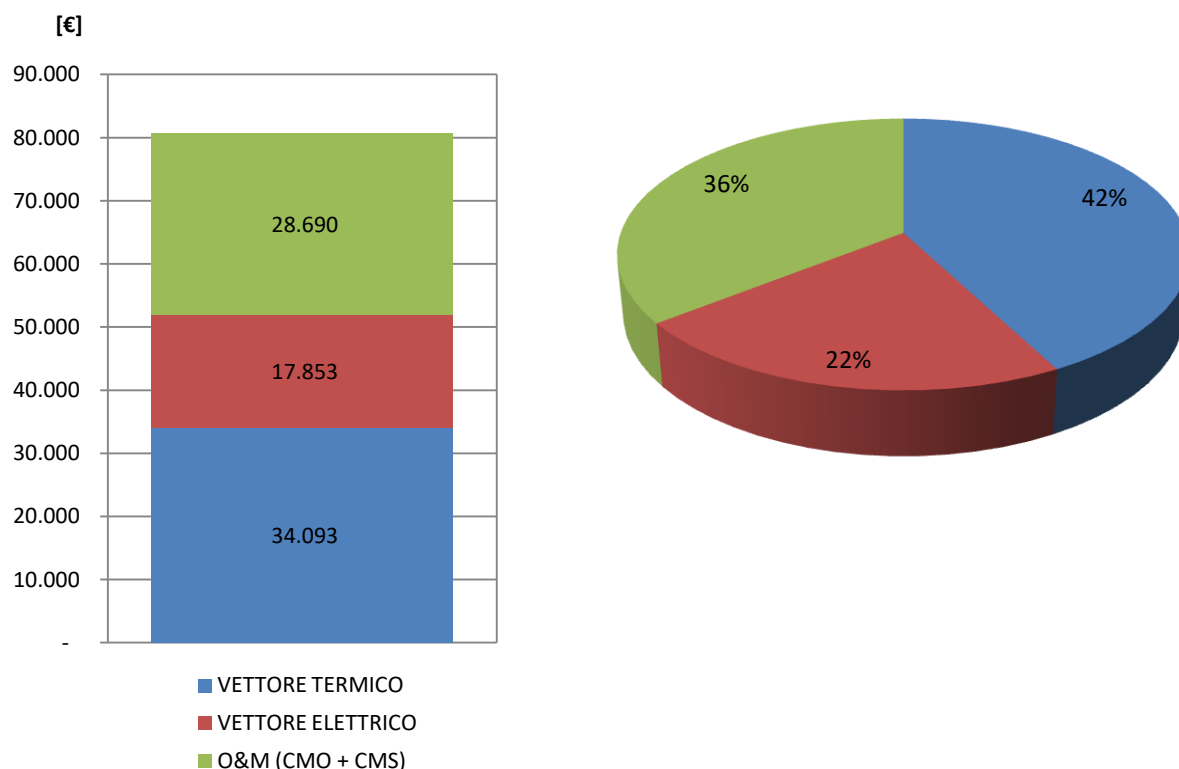
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 51.946 e un $C_{baseline}$ pari a € 80.635

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
444 038	0,077	34 093	95 156	0,188	17 853	28 690	22 665	6 025	80 635

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento termico copertura

Generalità

La misura prevede l'isolamento termico del solaio di copertura tramite la stesura di un materassino in materiale isolante posato direttamente sul solaio e rivestito con uno strato di guaina bituminosa.

L'isolamento termico della copertura consente di ottenere notevoli benefici proporzionali al grado di isolamento e alla superficie di intervento. Fra questi una riduzione dei consumi energetici invernali ed estivi e migliori condizioni di comfort abitativo invernale ed estivo nei locali sottostanti; inoltre mantenendo al caldo gli strati costituenti la struttura si riducono i rischi di condensazione interstiziale e superficiale.

Uniformando la temperatura superficiale interna, l'isolamento termico produce anche l'effetto estetico di evitare la sporcatura differente di travetti e pignatte.

Figura 8.1 – Particolare solaio



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento termico in estradosso del solaio di copertura sarà eseguito mediante feltro in lana di roccia a bassa densità. Di seguito un elenco di alcune caratteristiche:

- Prestazioni termiche: la disponibilità di spessori elevati permette di ottenere un notevole comfort abitativo sia invernale che estivo.
- Controllo del vapore: la carta kraft politenata che ricopre un lato del feltro svolge la funzione di freno vapore, utile in particolari condizioni termo igrometriche.
- Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni igrometriche dell'ambiente.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (10-15%).

Descrizione dei lavori

Dopo aver opportunamente pulito da impurità il piano di posa si procede alla posa, con continuità, di pannelli ben accostati tra loro a giunti sfalsati per costituire il primo strato. Dopo aver terminato con il primo strato si procedere alla stesura del secondo strato di isolante facendo attenzione a sfalsare i giunti rispetto al sottostante strato. Infine si procede all'impermeabilizzazione mediante uno strato di guaina bituminosa.

Prestazioni raggiungibili

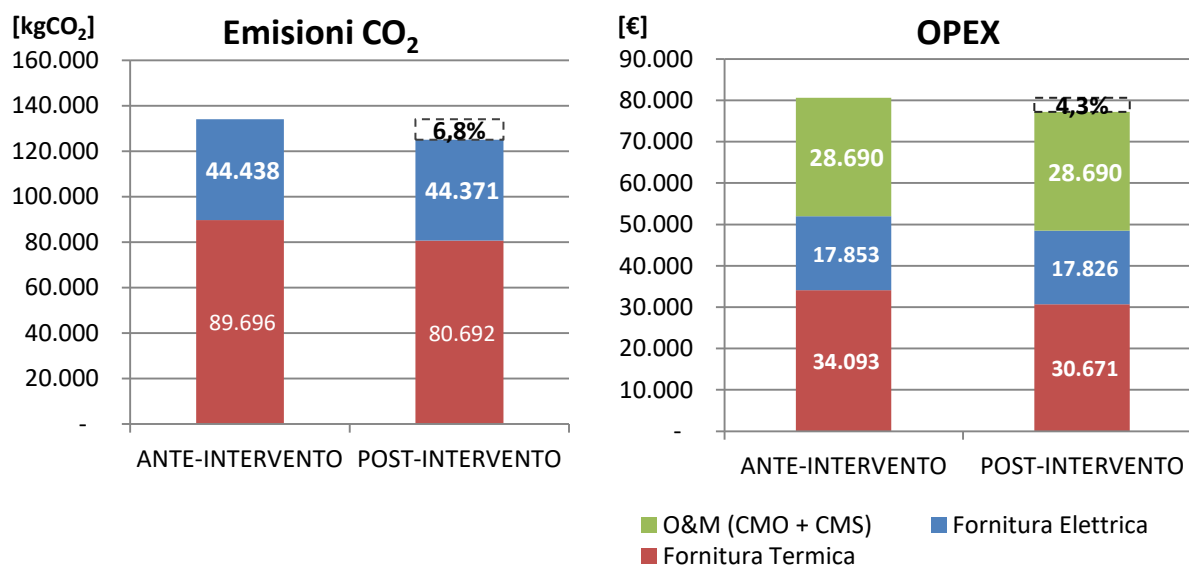
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento solaio di copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1: Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,715	0,203	88,2%
Q _{teorico}	[kWh]	448 442	403 427	10,0%
EE _{teorico}	[kWh]	95 522	95 378	0,2%
Q _{baseline}	[kWh]	444 038	399 465	10,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	95 156	95 012	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	89 696	80 692	10,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	44 438	44 371	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	134 134	125 063	6,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	34 093	30 671	10,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	17 853	17 826	0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	51 946	48 496	6,6%
C _{MO}	[€]	22 665	22 665	0,0%
C _{MS}	[€]	6 025	6 025	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	28 690	28 690	0,0%
OPEX	[€]	80 635	77 186	4,3%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

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

8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Caldaia modulare a condensazione

Generalità

La misura prevede l'installazione in serie di quattro caldaie modulari a condensazione a servizio dell'impianto di riscaldamento al fine di garantire rendimenti del sistema di generazione maggiori ed in linea con il nuovo quadro normativo.

L'installazione di un gruppo di generazione modulare a gas, e soprattutto funzionanti con il principio della condensazione, consente di ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento grazie al principio della condensazione, associato alla modulazione di tali nuovi generatori.

Figura 8.3 – Particolare generatore di calore esistente



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di una caldaia a condensazione richiede la valutazione delle prestazioni dello stato di conservazione della rete di distribuzione e della possibilità di installare valvole regolatrici della portata sui corpi scaldanti, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (50-70%).

La potenza termica utile e la portata termica del nuovo generatore devono essere scelte in funzione ed in relazione all'attuale configurazione dell'impianto termico, alla potenza del generatore attualmente installato ed alla possibilità di avere fabbisogni inferiori a seguito di altri tipi di intervento di efficientamento energetico.

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo generatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

Inoltre saranno eseguiti tutti i lavori accessori per rendere il nuovo impianto del tutto conforme, ed in sicurezza, alla attuale normativa vigente in materia.

L'installazione del nuovo gruppo termico modulare necessita di una valutazione sullo stato di conservazione del condotto fumario esistente nel tratto verticale incassato nella muratura dell'edificio e non attualmente rilevabile. Qualora tale ispezione dovesse avere un esito negativo il condotto di evacuazione dovrà essere sostituito da uno idoneo e conforme.

Prestazioni raggiungibili

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

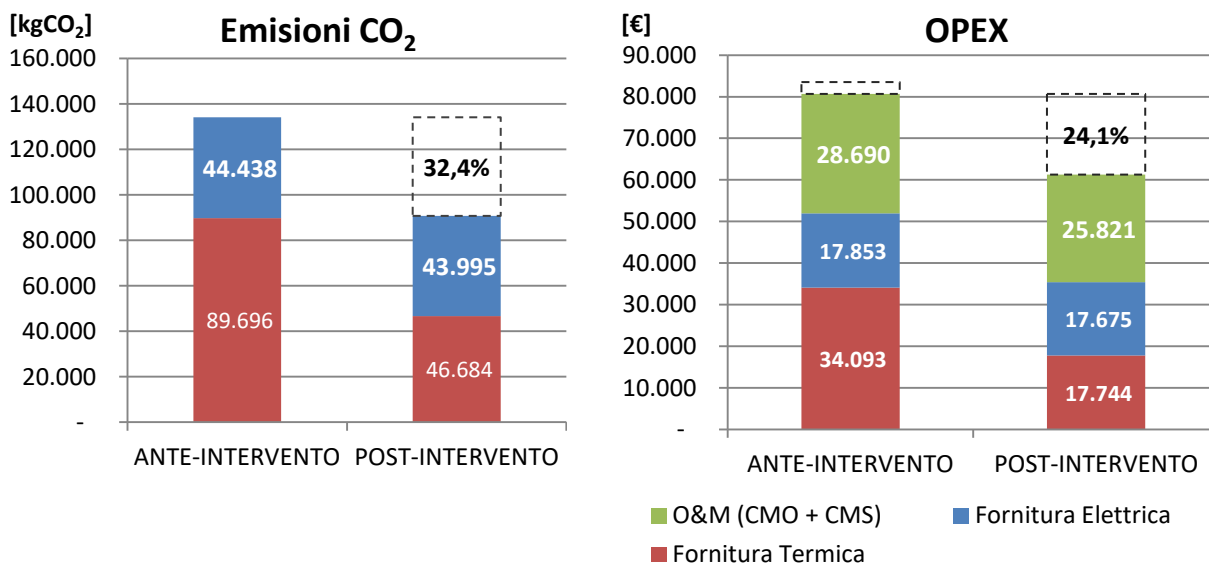
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2: Rendimento di generazione	[-]	91,7	107	-16,7%
$Q_{teorico}$	[kWh]	448 442	233 401	48,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	95 522	94 570	1,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	444 038	231 109	48,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	95 156	94 208	1,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	89 696	46 684	48,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	44 438	43 995	1,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	134 134	90 679	32,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	34 093	17 744	48,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	17 853	17 675	1,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	51 946	35 419	31,8%
C_{MO}	[€]	22 665	20 398	10,0%
C_{MS}	[€]	6 025	5 422	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	28 690	25 821	10,0%
OPEX	[€]	80 635	61 240	24,1%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

La riduzione dei costi di manutenzione O&M è dovuta al fatto che la potenza del gruppo termico installato a seguito dell'intervento proposto è inferiore a quella dell'attuale, sulla base del quale è stato stimato il canone di manutenzione secondo quanto appreso dal servizio calore del Comune di Genova. Inoltre, come indicato in una *Guida all'efficienza energetica negli edifici scolastici* (ENEA, M.A.T.T.M, M.I.U.R. e Presidenza del Consiglio dei Ministri), si evidenzia che i costi di O&M non sono inferiori al 20% della somma dei costi di approvvigionamento di combustibile ed energia elettrica.

Figura 8.4 – EEM2 - SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE : Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM3: Valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori presenti all'interno dell'edificio.

Le valvole termostatiche sono tipicamente impiegate per la regolazione del fluido ai radiatori degli impianti di riscaldamento. Abbinata a un comando termostatico o elettrotermico, mantengono costante, al valore impostato, la temperatura ambiente del locale in cui sono installate. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono consistenti risparmi energetici.

Queste valvole sono dotate di un particolare codolo con tenuta idraulica in gomma che permette il collegamento al radiatore in modo veloce e sicuro, senza l'ausilio di altro mezzo sigillante.

Figura 8.5 – Particolare terminali di emissione



Caratteristiche funzionali e tecniche

In base al tipo di corpo scaldante, al diametro e materiale del tubo saranno predisposte le seguenti tipologie di valvole termostatiche con i relativi detentori:

- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi dritti per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi dritti per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Detentore. Attacchi a squadra, per tubo rame, plastica semplice e multistrato. Attacchi tubazione 23 p.1,5 e 3/4" M. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS.

- Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Detentore. Attacchi diritti, per tubo rame, plastica semplice e multistrato. Attacchi tubazione 23 p.1,5 e 3/4" M. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
 - Detentore. Attacchi a squadra, per tubo ferro 3/8", 1/2", 3/4" o 1" F. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" e 1" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar

Tutte le valvole termostatiche sono dotate di coperchio antimanomissione e anti vandalismo. Tale misura può ridurre il consumo di energia termica (10-15%).

Descrizione dei lavori

La posa delle valvole deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08). Inoltre si dovrà provvedere ad un lavaggio dell'intero impianto per evitare che le impurità depositatesi nel corso degli anni vadano a danneggiare le componenti delle nuove valvole.

Prestazioni raggiungibili

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

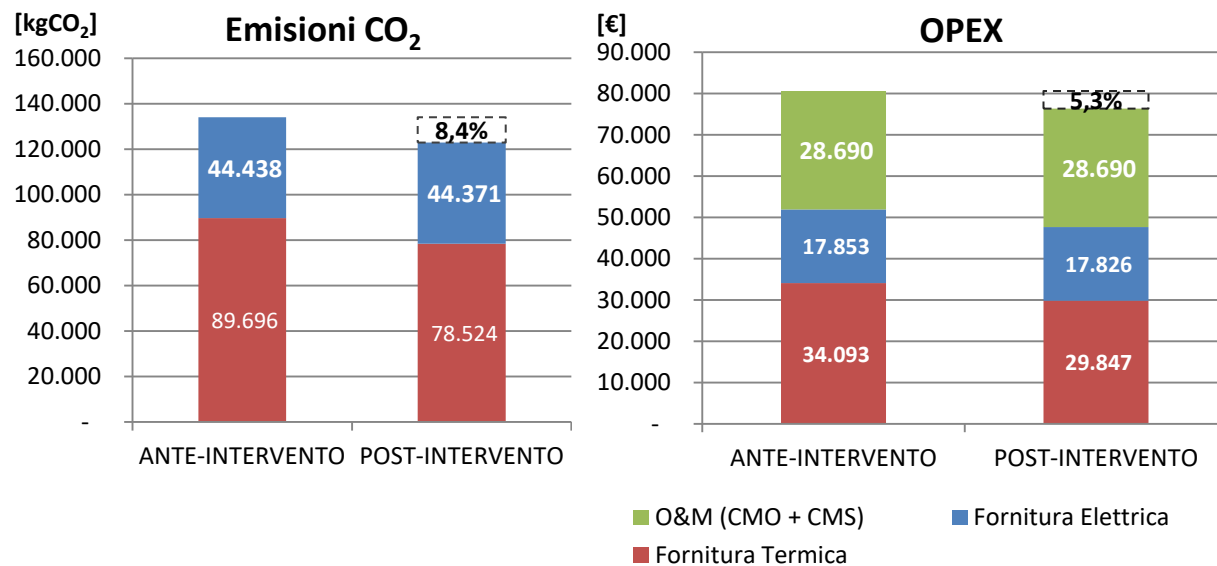
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3: Rendimento di regolazione	[-]	77	99	-28,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	448 442	392 590	12,5%
$EE_{teorico}$	[kWh]	95 522	95 379	0,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	444 038	388 734	12,5%
$EE_{baseline}$	[kWh]	95 156	95 013	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	89 696	78 524	12,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	44 438	44 371	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	134 134	122 896	8,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	34 093	29 847	12,5%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	17 853	17 826	0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	51 946	47 673	8,2%
C_{MO}	[€]	22 665	22 665	0,0%
C_{MS}	[€]	6 025	6 025	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	28 690	28 690	0,0%
OPEX	[€]	80 635	76 362	5,3%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

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



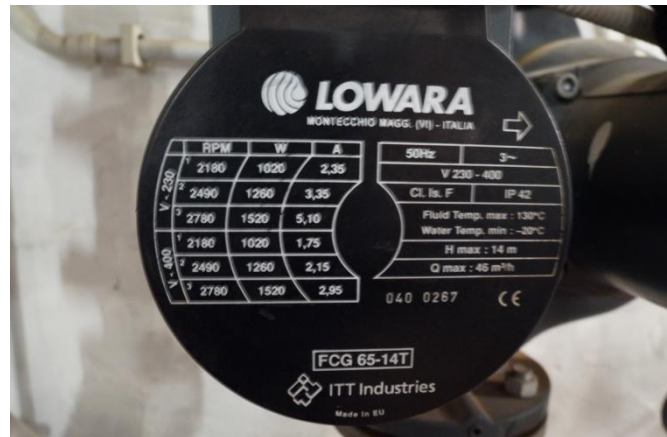
EEM4: Pompe a portata variabile

Generalità

La misura prevede l’installazione di una pompa di circolazione di tipo elettronico a giri variabili (con inverter).

L’intervento sarà realizzato mediante la sostituzione delle quattro attuali pompe di circolazione a giri fissi, con nuove pompa di circolazione gemellare a giri variabili e controllate elettronicamente da inverter. La pompa avrà grado di protezione minimo IP55.

Figura 8.7 – Particolare pompe di circolazione



La portata, la prevalenza ed il diametro di allaccio saranno verificate e confermate dalle condizioni idrostatiche di lavoro dell'attuale rete di distribuzione.

L’installazione di un circolatore elettronico a velocità variabile permette di ottimizzare tutte le prestazioni dell'impianto anche in termini di energia elettrica necessaria per l'alimentazione degli organi ausiliari. Inoltre viene prolungata la vita della pompa stessa.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Tale misura può ridurre il consumo di energia elettrica (5-10%).

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo circolatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione pompa inverter

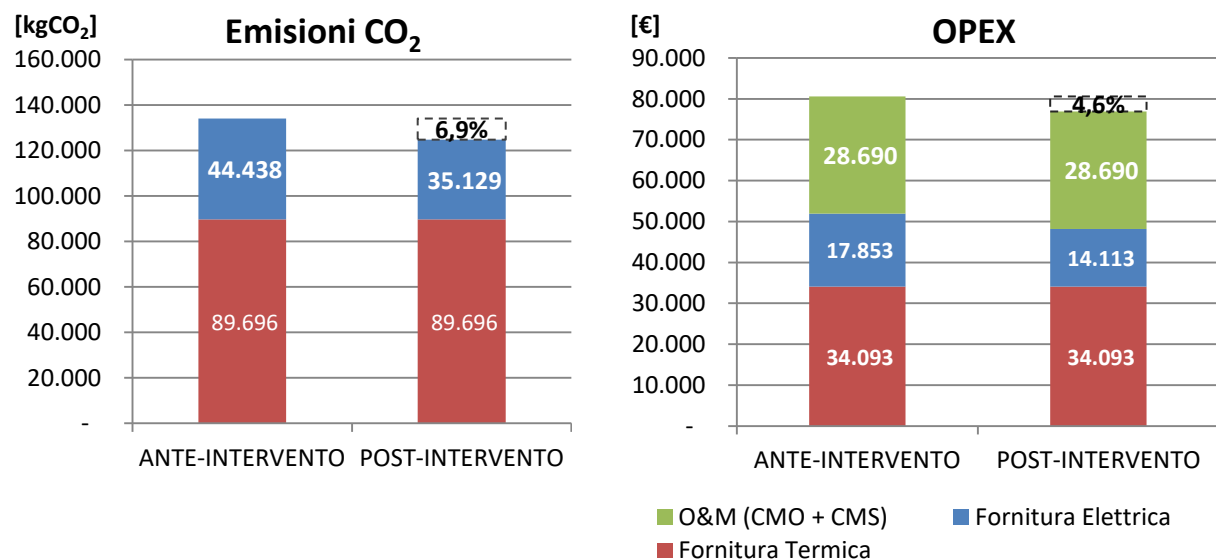
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4: Potenza elettrica assorbita	[W]	5070	1400	72,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	448 442	448 442	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	95 522	75 513	20,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	444 038	444 038	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	95 156	75 223	20,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	89 696	89 696	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	44 438	35 129	20,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	134 134	124 825	6,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	34 093	34 093	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	17 853	14 113	20,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	51 946	48 206	7,2%
C_{MO}	[€]	22 665	22 665	0,0%
C_{MS}	[€]	6 025	6 025	0,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	28 690	28 690	0,0%
OPEX	[€]	80 635	76 896	4,6%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

Figura 8.8 – EEM4 – INSTALLAZIONE POMPA INVERTE : Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Si fa presente che per l’edificio in esame il fabbisogno di ACS è molto ridotto per cui non risulterebbe economicamente conveniente intraprendere misure di efficienza in tali direzioni.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

Si precisa che utilizzando i costi unitari dell’area di riferimento tali interventi non risultano economicamente convenienti nemmeno combinati in scenari con altri interventi.

Inoltre si fa presente che, data la normativa vigente in materia di classificazione energetica, riducendo la potenza installata dei corpi illuminanti (come nel caso dell’utilizzo di tecnologia LED) non è quasi mai possibile determinare un salto di due classi energetiche, anzi la classe energetica dell’edificio peggiora. Tale criticità sarebbe risolvibile combinando tale EEM con altri più energeticamente prestanti ma, come già precisato i costi non renderebbero conveniente l’intero scenario.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

EEM1: Cappotto interno

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione di un cappotto interno come specificato nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – CAPPOTTO INTERNO

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Pannello in lana di vetro da 8 cm	Liguria 2017	2140	€/mq	11,943	25 558,02 €	5 622,76 €	31 180,78 €
Posa di pannello isolante 1	Liguria 2017	2140	€/mq	4,221	9 032,94 €	1 987,25 €	11 020,19 €
Pannello in lana di vetro da 8 cm	Liguria 2017	2140	€/mq	11,943	25 558,02 €	5 622,76 €	31 180,78 €
Posa di pannello isolante 2	Liguria 2017	2140	€/mq	4,221	9 032,94 €	1 987,25 €	11 020,19 €
Guaina bituminosa	Milano	2140	€/mq	22,18	47 465,20 €	10 442,34 €	57 907,54 €
Posa di guaina bituminosa	Liguria 2017	2140	€/mq	10,467	22 399,38 €	4 927,86 €	27 327,24 €
Costi per la sicurezza				3%	4 171,40 €	917,71 €	5 089,10 €
Costi per la progettazione				7%	9 733,26 €	2 141,32 €	11 874,57 €
TOTALE (I₀)					152 951,15 €	33 649,25 €	186 600,40 €
Incentivi	Conto termico						74 640 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							14 928 €

EEM2: Generatore di calore a condensazione

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di un gruppo termico costituito da quattro generatori a condensazione in serie.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – GENERATORE A CONDENSAZIONE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione vecchio generatore	CCIAA RE	2	cad	3697,5	7 395,00 €	1 626,90 €	9 021,90 €
Posa in opera di caldaia a condensazione	Liguria 2017	5	cad	8027,325	40 136,63 €	8 830,06 €	48 966,68 €
Caldaia a condensazione da 150 kW	Liguria 2017	5	cad	299,196	1 495,98 €	329,12 €	1 825,10 €
Costi per la sicurezza				3%	1 470,83 €	323,58 €	1 794,41 €
Costi per la progettazione				7%	3 431,93 €	755,03 €	4 186,96 €
TOTALE (I₀)					53 930,37 €	11 864,68 €	65 795,05 €
Incentivi	Conto termico						26 318 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							5 264 €

EEM3: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti dell'edificio.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – VALVOLE TERMOSTATICHE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€]	[€]	[€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	199	cad	37,233	7 409,37 €	1 630,06 €	9 039,43 €
Costi per la sicurezza				3%	222,28 €	48,90 €	271,18 €
Costi per la progettazione				7%	518,66 €	114,10 €	632,76 €
TOTALE (I₀)					8 150,30 €	1 793,07 €	9 943,37 €

EEM4: Installazione di circolatore gemellare con inverter

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di un circolatore elettronico gemellare a giri variabili.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – POMPA INVERTER

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€]	[€]	[€]
Circolatore gemellare con inverter DN32	Liguria 2017	2	cad	1588,212	3 176,42 €	698,81 €	3 875,24 €
Circolatore gemellare con inverter DN40	Liguria 2017	2	cad	1963,917	3 927,83 €	864,12 €	4 791,96 €
Posa in opera di circolatore	Liguria 2017	4	cad	45,054	180,22 €	39,65 €	219,86 €
Costi per la sicurezza				3%	218,53 €	48,08 €	266,61 €
Costi per la progettazione				7%	509,91 €	112,18 €	622,09 €
TOTALE (I₀)					8 012,92 €	1 762,84 €	9 775,76 €

9.1 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Isolamento copertura

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– ISOLAMENTO COPERTURA

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 186 600
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 14 928
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 43,6	25,6
Tempo di rientro attualizzato	TRa 66,3	37,6
Valore attuale netto	VAN - 105 185	38 728
Tasso interno di rendimento	TIR -2,7%	0,9%
Indice di profitto	IP -0,56	-0,21

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

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

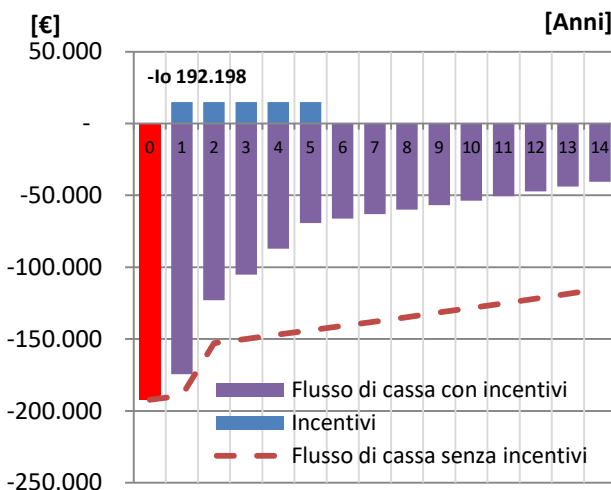
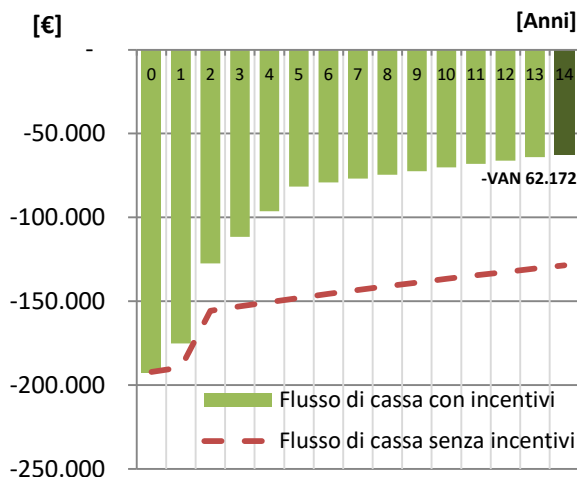


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta economicamente conveniente.

EEM2: Generatore a condensazione

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 EEM2– GENERATORE A CONDENSAZIONE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 65 795
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 5 264
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 3,5	2,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA 3,9	2,9
Valore attuale netto	VAN 124 431	147 863
Tasso interno di rendimento	TIR 26,6%	33,2%
Indice di profitto	IP 1,89	2,25

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nella Figura 9.3 e Figura 9.4.

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

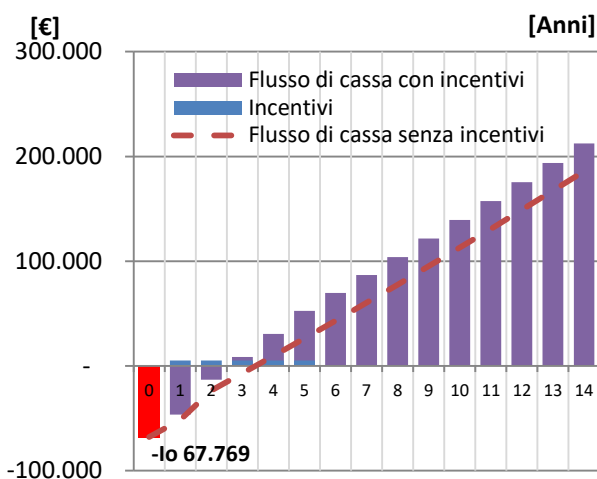
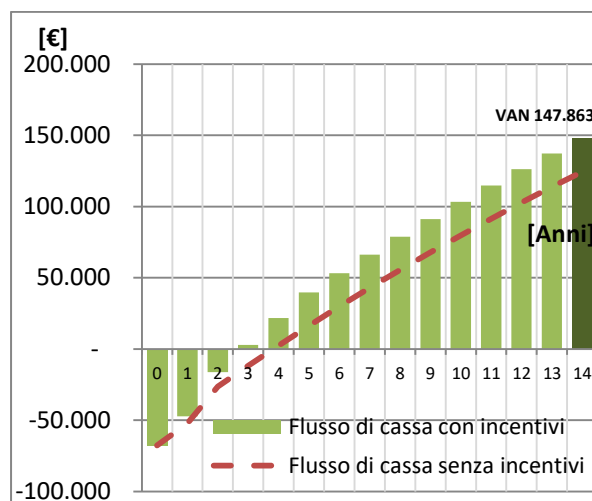


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta economicamente conveniente con e senza gli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM3: VALVOLE TERMOSTATICHE

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– VALVOLE TERMOSTATICHE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 9 943
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,4 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,6 -
Valore attuale netto	VAN	31 626 -
Tasso interno di rendimento	TIR	38,8% -
Indice di profitto	IP	3,18 -

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

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

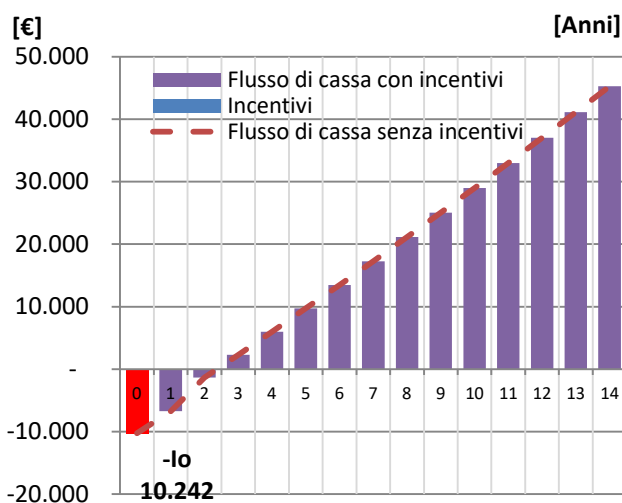
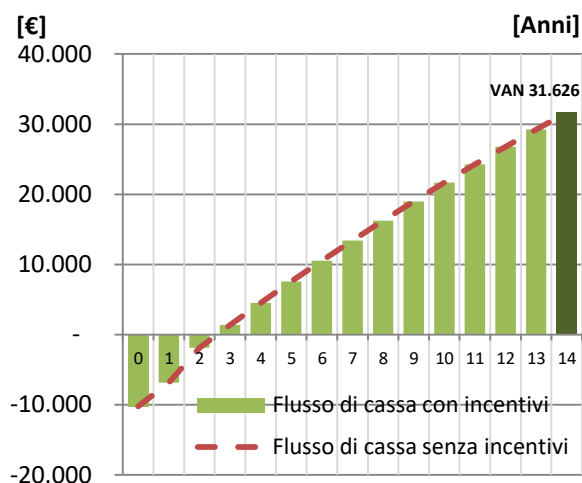


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente.

EEM4: POMPA INVERTER

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – POMPA INVERTER

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 9 776
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 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,9 -
Valore attuale netto	VAN	26 753 -
Tasso interno di rendimento	TIR	34,7% -
Indice di profitto	IP	2,74 -

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

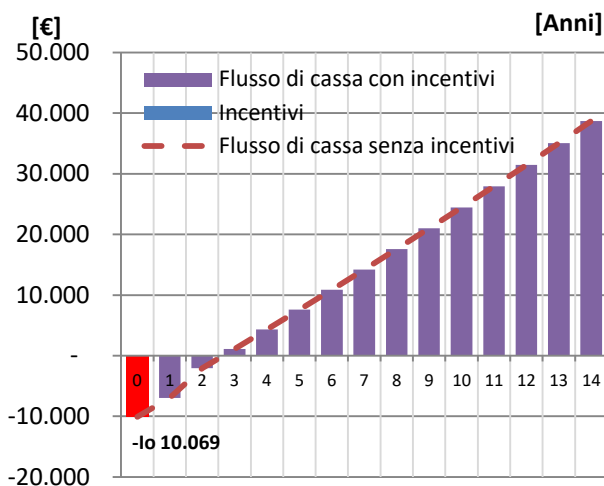
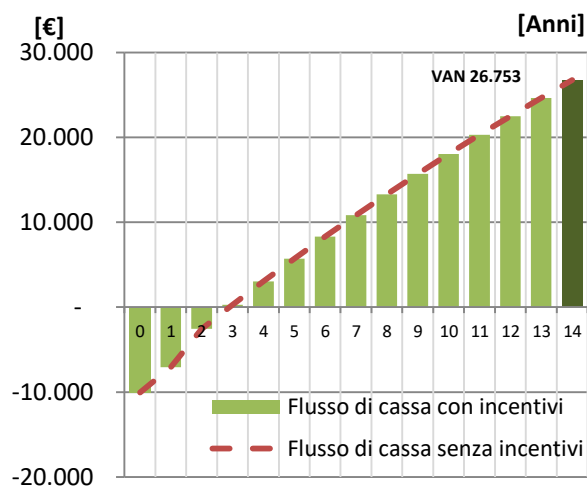


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente.

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	6,8	6,8	3.449	-	-	186.600	43,6	66,3	30	-105.185	-2,7	-0,56
EEM 2	32,4	32,4	16.527	2.267	603	65.795	3,5	3,9	15	124.431	26,6	1,89
EEM 3	8,4	8,4	4.273	-	-	9.943	2,4	2,6	15	31.626	38,8	3,18
EEM 4	6,9	6,9	3.740	-	-	9.776	2,7	2,9	15	26.753	34,7	2,74

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 tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti ed in particolare che l'indice di profitto maggiore è presentato dall'installazione delle valvole termostatiche.

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

CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	6,8	6,8	3.449	-	-	186.600	25,6	37,6	30	-38.728	0,9	-0,21
EEM 2	32,4	32,4	16.527	2.267	603	65.795	2,7	2,9	15	147.863	33,2	2,25
EEM 3	8,4	8,4	4.273	-	-	9.943	2,4	2,6	15	31.626	38,8	3,18
EEM 4	6,9	6,9	3.740	-	-	9.776	2,7	2,9	15	26.753	34,7	2,74

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti e che gli unici interventi che presentano una differenza rilevante dovuta alla presenza dell'incentivo sono l'EEM1 e l'EEM2.

9.2 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:

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore con uno modulare a condensazione (EEM2), l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM3) e la sostituzione dell'attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili (EEM4).
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione del cappotto interno (EEM1) con la sostituzione del generatore di calore (EEM2) e l'installazione di valvole termostatiche (EEM3).

9.2.1 Scenario 1: IMPIANTO TERMICO

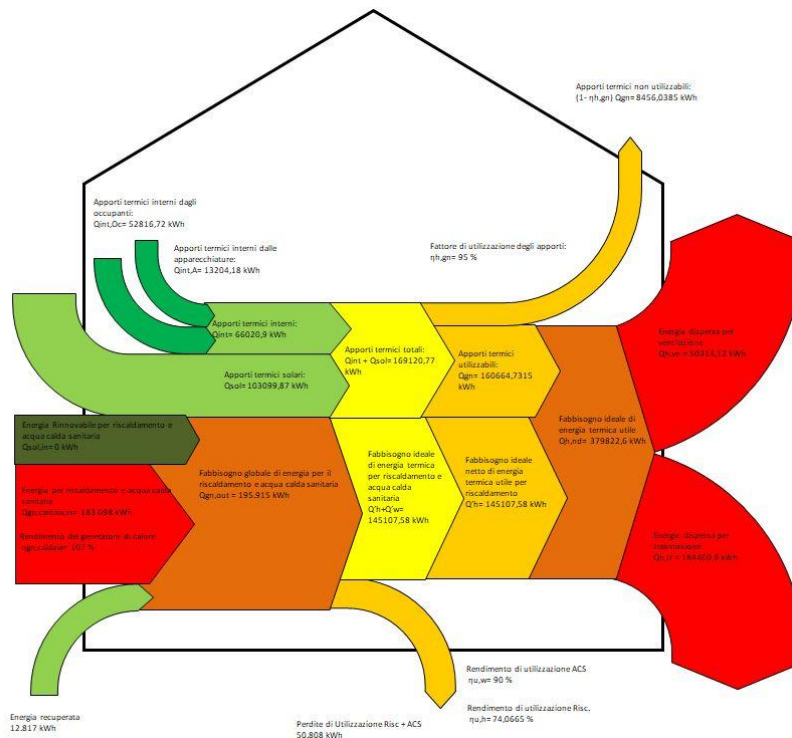
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 Fornitura & Posa	49 027,61 €	10 786,07 €	59 813,68 €
EEM3 Fornitura & Posa	7 409,37 €	1 630,06 €	9 039,43 €
EEM4 Fornitura & Posa	7 284,47 €	1 602,58 €	8 887,06 €
Costi per la sicurezza	1 911,64 €	420,56 €	2 332,20 €
Costi per la progettazione	4 460,50 €	981,31 €	5 441,81 €
TOTALE (I₀)	70 093,59 €	15 420,59 €	85 514,18 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 O&M	20 398,47 €	5 422,38 €	25 820,85 €
EEM3 O&M	22 664,97 €	6 024,87 €	28 689,84 €
EEM4 O&M	22 664,97 €	6 024,87 €	28 689,84 €
TOTALE (C_M)	20 398,47 €	5 422,38 €	25 820,85 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	34 205,67 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		6 841,13 €	

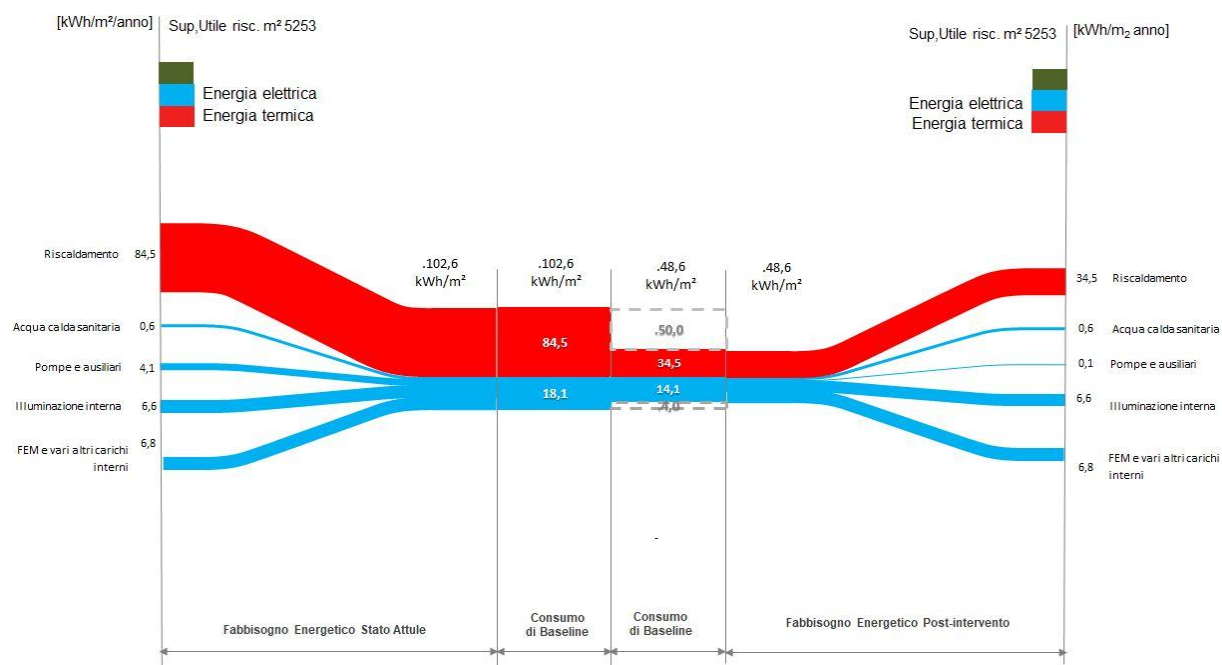
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

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 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2: Rendimento di generazione	[-]	91,7	107	-16,7%
EEM3: Rendimento di regolazione	[-]	77	99	-28,6%
EEM4: Potenza elettrica assorbita	[W]	5070	1400	72,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	448 442	183 098	59,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	95 522	74 489	22,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	444 038	181 299	59,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	95 156	74 203	22,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	89 696	36 622	59,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	44 438	34 653	22,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	134 134	71 275	46,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	34 093	13 920	59,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	17 853	13 922	22,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	51 946	27 842	46,4%
C_{MO}	[€]	22 665	20 398	10,0%
C_{MS}	[€]	6 025	5 422	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	28 690	25 821	10,0%
OPEX	[€]	80 635	53 663	33,5%

Classe energetica

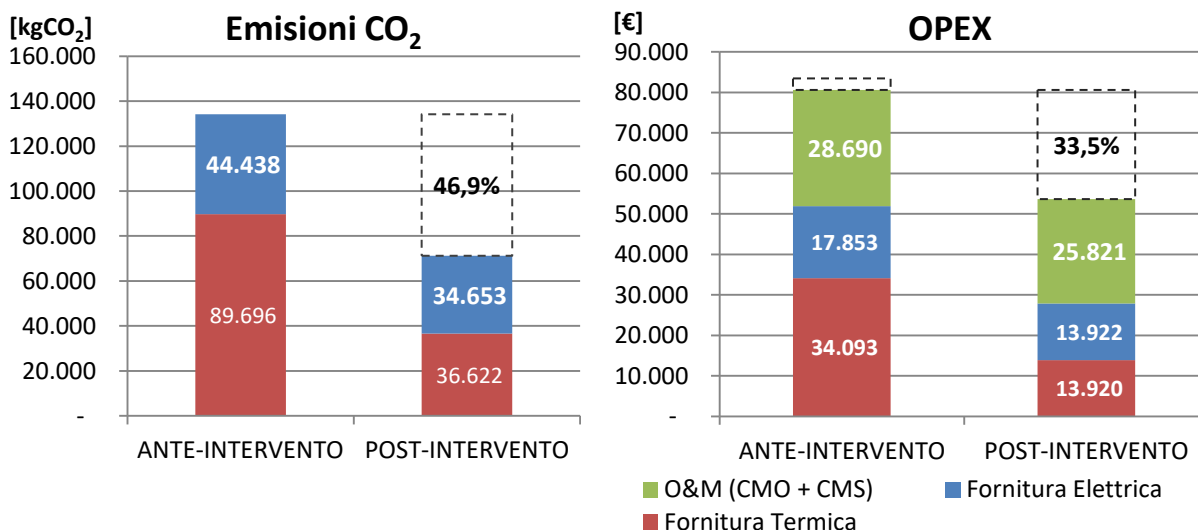
[-]

G

E

+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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– IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	n_i		1
Anni Gestione Servizio	n_s		14
Anni Concessione	n		15
Anno inizio Concessione	n_0		2020
Anni dell'ammortamento	n_A		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}		2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$		4,00%
Inflazione ISTAT	f		0,50%
deriva dell'inflazione	f'		0,70%
%, interessi debito	k_D		3,82%
%, interessi equity	k_E		9,00%
Aliquota IRES	IRES		24,0%
Aliquota IRAP	IRAP		3,9%
Aliquota fiscale	τ		27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D		8
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	85 514
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	2 565
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	88 080
%CAPEX a Debito	D		80,0%

%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 70 464
Equity	I _E	€ 17 616
Fattore di annualità Debito	FA _D	6,88
Rata annua debito	q _D	€ 10 235
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 81 881
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 11 418

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{EO}	€ 42 578
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{MO}	€ 17 368
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{Baseline}	€ 59 946
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	31,0%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	8,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 11 542
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 4 796
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 171 582
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 17 872
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	50,61%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 3 184
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 816
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 2 747
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 16 230
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 32 174
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C _{nS}	€ 48 404
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C _{nD}	€ 6 746
Canone Totale €/anno IVA escl.	C _n	€ 55 150
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 15 421
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 34 206
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 REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I _o / FC, Anni	T.R.S.	6,08
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,88
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I _o	VAN > 0	€ 30 406
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	11,31%
Indice di Profitto	IP	35,56%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I _o / FC, Anni	T.R.S.	2,46
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,80

Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 21 763
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	43,47%
Debit Service Cover Ratio	DSCR > 1,3	1,289
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,582
Indice di Profitto Azionista	IP	25,45%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

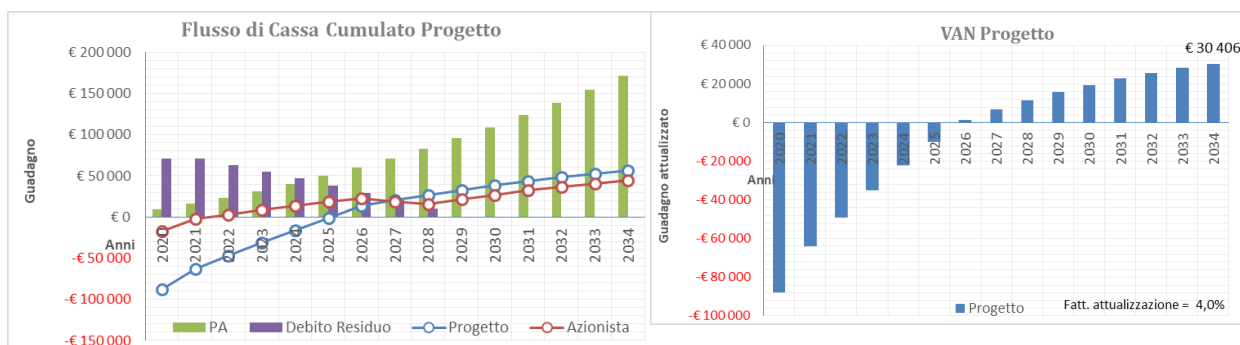
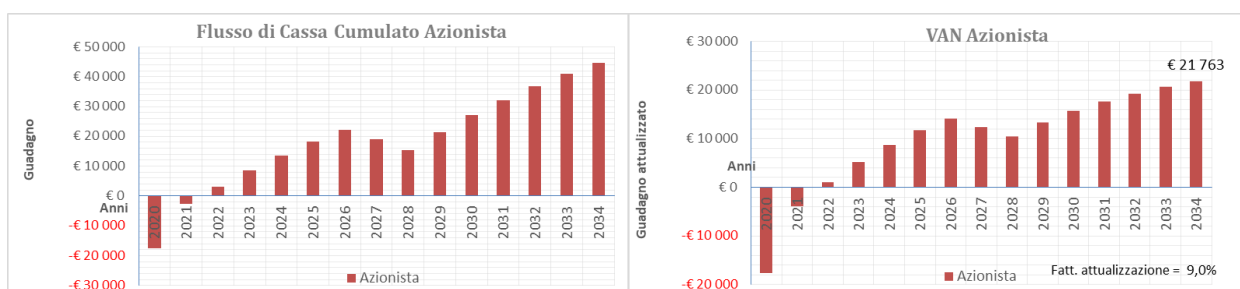
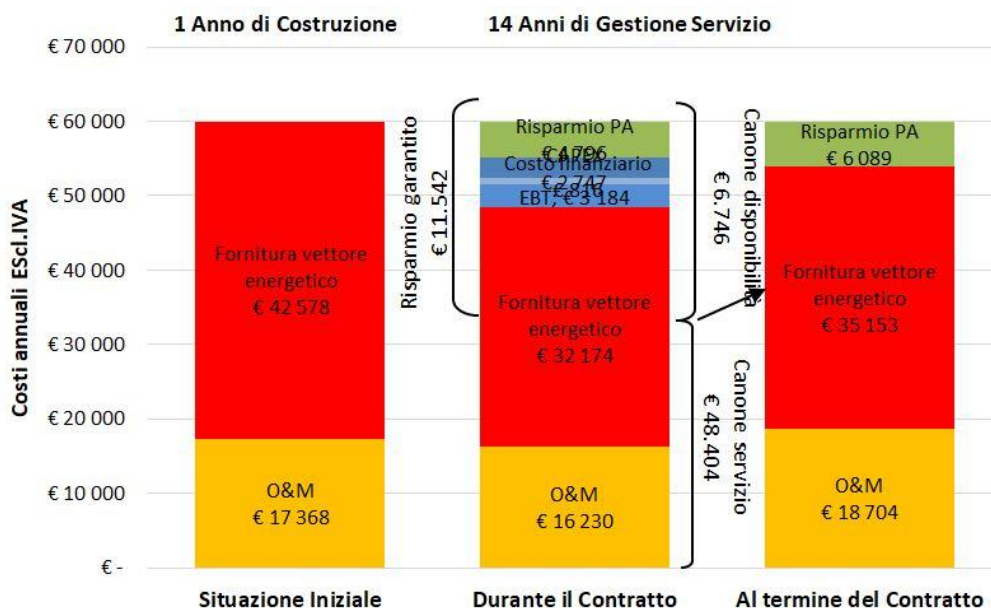


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.4.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.2.2 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO

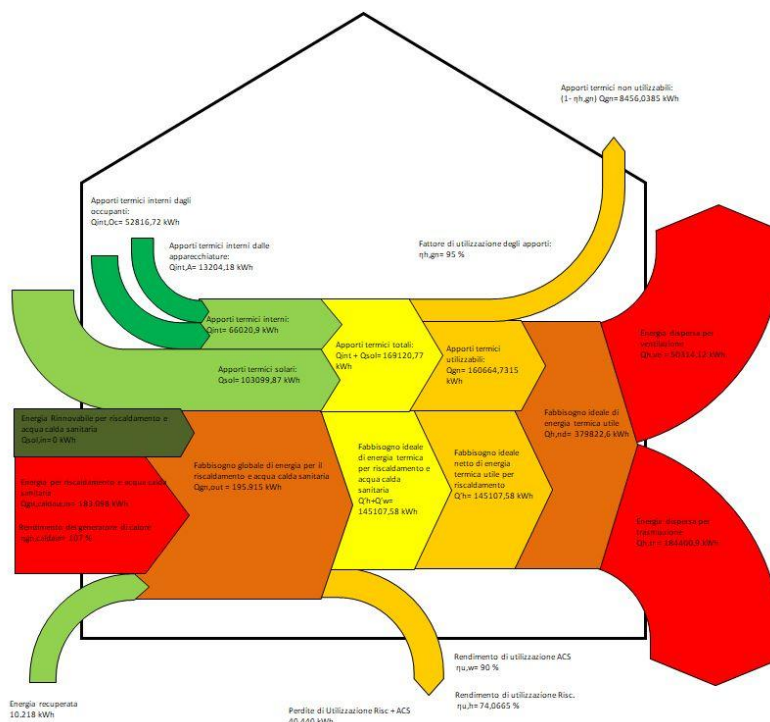
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	139 046,50 €	30 590,23 €	169 636,73 €
EEM2 Fornitura & Posa	49 027,61 €	10 786,07 €	59 813,68 €
EEM3 Fornitura & Posa	7 409,37 €	1 630,06 €	9 039,43 €
Costi per la sicurezza	5 864,50 €	1 290,19 €	7 154,70 €
Costi per la progettazione	13 683,84 €	3 010,45 €	16 694,29 €
TOTALE (I₀)	99 526,65 €	21 895,86 €	121 422,51 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	22 664,97 €	6 024,87 €	28 689,84 €
EEM2 O&M	20 398,47 €	5 422,38 €	25 820,85 €
EEM3 O&M	22 664,97 €	6 024,87 €	28 689,84 €
TOTALE (C_M)	20 398,47 €	5 422,38 €	25 820,85 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	131 169,41 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		26 233,88 €	

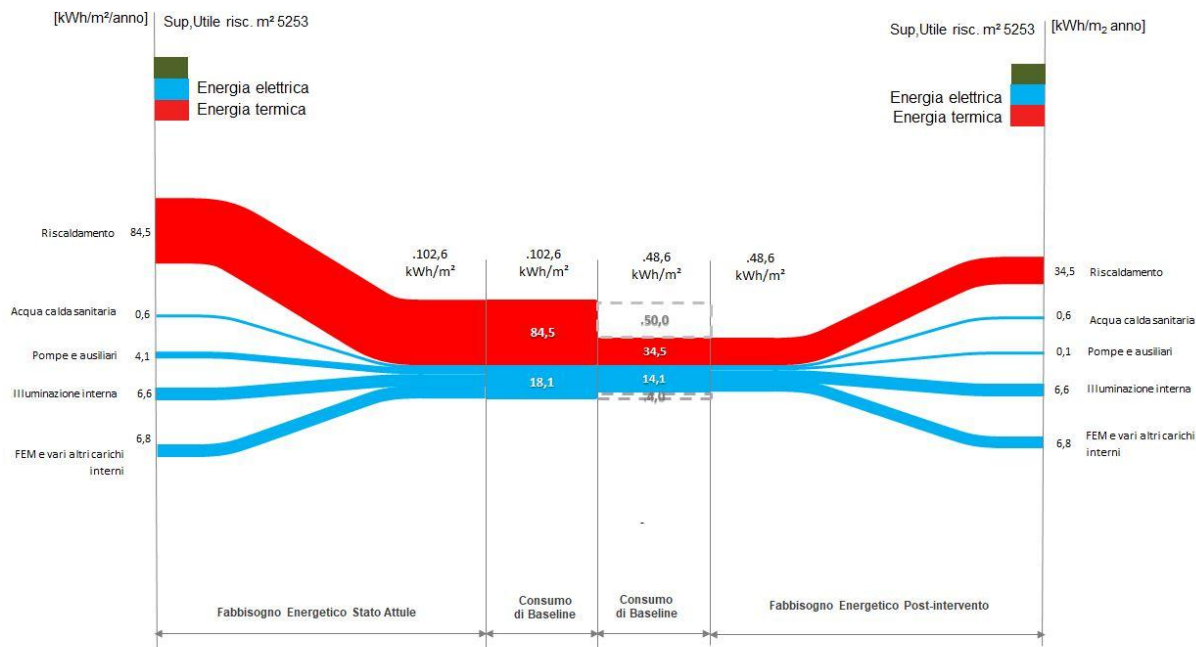
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

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



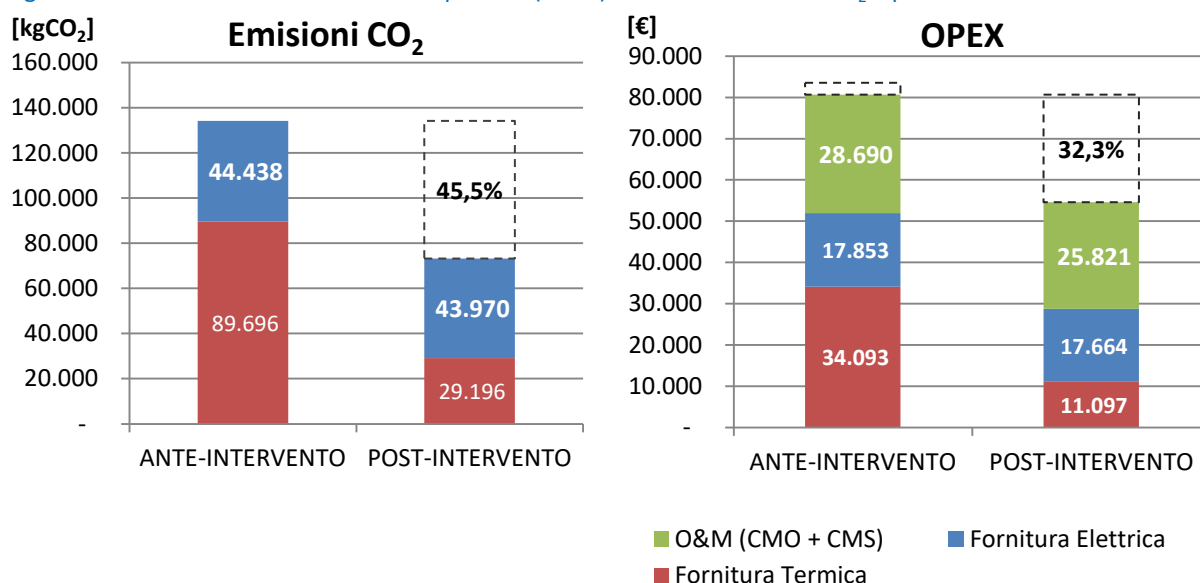
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.17

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1: Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,715	0,203	88,2%
EEM2: Rendimento di generazione	[-]	91,7	107	-16,7%
EEM3: Rendimento di regolazione	[-]	77	99	-28,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	448 442	145 966	67,5%
$EE_{teorico}$	[kWh]	95 522	94 516	1,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	444 038	144 533	67,5%
$EE_{baseline}$	[kWh]	95 156	94 153	1,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	89 696	29 196	67,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	44 438	43 970	1,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	134 134	73 165	45,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	34 093	11 097	67,5%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	17 853	17 664	1,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	51 946	28 762	44,6%
C_{MO}	[€]	22 665	20 398	10,0%
C_{MS}	[€]	6 025	5 422	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	28 690	25 821	10,0%
OPEX	[€]	80 635	54 582	32,3%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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– INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	2
Anni Gestione Servizio	n_s	23
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	20
Anni Equity	n_E	23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 262 339
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 7 870
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 270 209
%CAPEX a Debito	D	80,0%

%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 216 167
Equity	I _E	€ 54 042
Fattore di annualità Debito	FA _D	13,97
Rata annua debito	q _D	€ 15 471
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 309 415
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 93 248

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{EO}	€ 42 578
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{MO}	€ 17 368
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{Baseline}	€ 59 946
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	40,0%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 13 319
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 2 997
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 338 529
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 25 311
N° di Canoni annuali	anni	23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	19,40%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 2 279
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 4 054
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 3 988
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 16 687
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 29 940
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C _{nS}	€ 46 627
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C _{nD}	€ 10 322
Canone Totale €/anno IVA escl.	C _n	€ 56 949
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 47 307
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 131 169
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2023

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 = I _o / FC, Anni	T.R.S.	8,62
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	13,46
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I _o	VAN > 0	€ 44 689
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	6,69%
Indice di Profitto	IP	17,03%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I _o / FC, Anni	T.R.S.	3,28
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,65

Valore Attuale Netto, VAN = VA - I _o	VAN > 0	€ 48 428
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	41,41%
Debit Service Cover Ratio	DSCR > 1,3	1,217
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,611
Indice di Profitto Azionista	IP	18,46%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

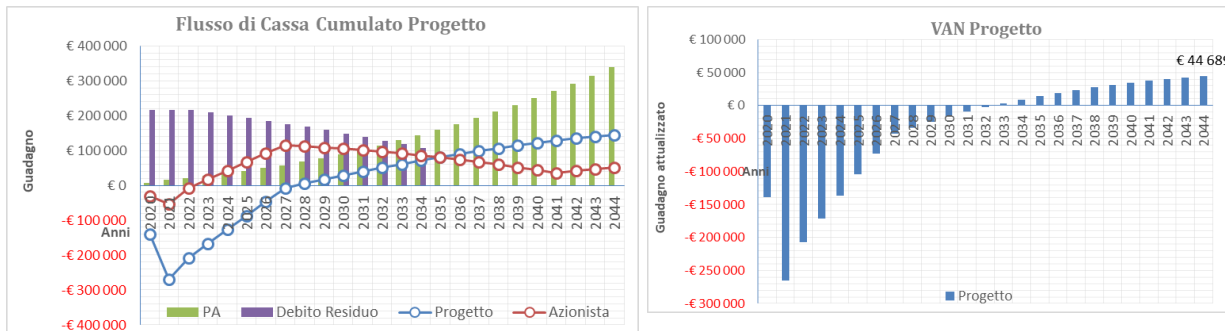
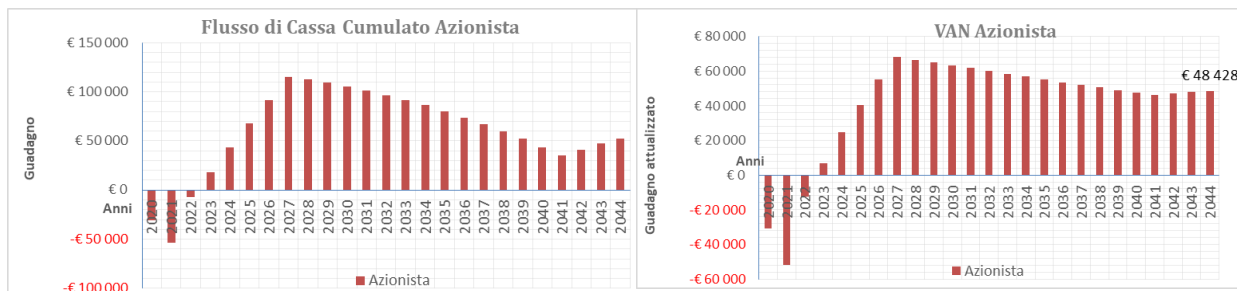
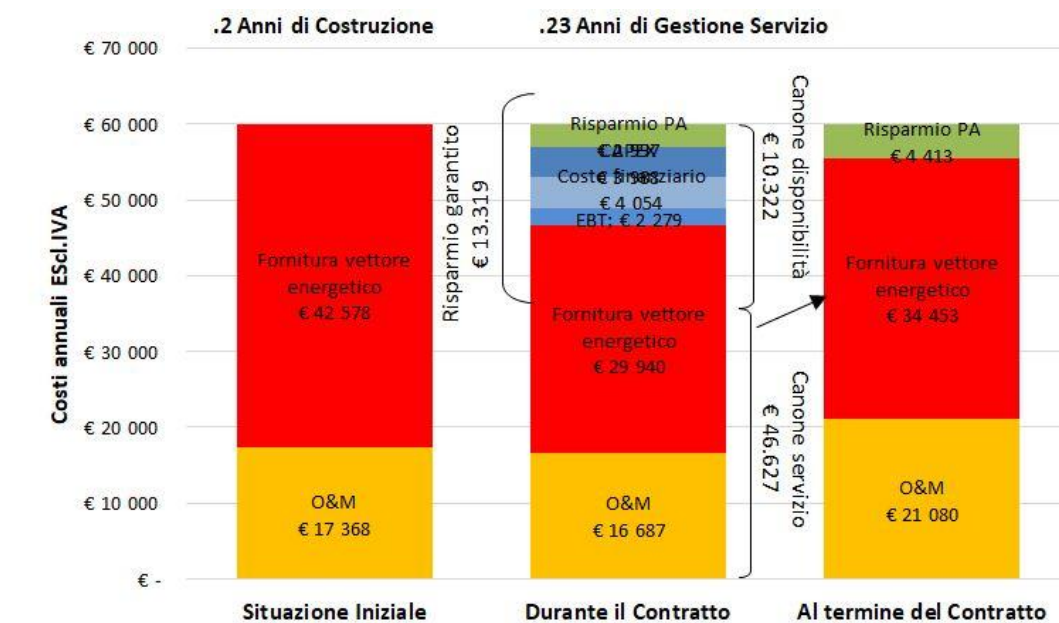


Figura 9.19– SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Sono stati individuati i seguenti scenari, che forniscono i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore con uno modulare a condensazione (EEM2), l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM3) e la sostituzione dell'attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili (EEM4).
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione del cappotto interno (EEM1) con la sostituzione del generatore di calore (EEM2) e l'installazione di valvole termostatiche (EEM3).

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2: Rendimento di generazione	[-]	91,7	107	-16,7%
EEM3: Rendimento di regolazione	[-]	77	99	-28,6%
EEM4: Potenza elettrica assorbita	[W]	5070	1400	72,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	448.442	183.098	59,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	95.522	74.489	22,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	444.038	181.299	59,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	95.156	74.203	22,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	89.696	36.622	59,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	44.438	34.653	22,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	134.134	71.275	46,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	34.093	13.920	59,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	17.853	13.922	22,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	51.946	27.842	46,4%
C_{MO}	[€]	22.665	20.398	10,0%
C_{MS}	[€]	6.025	5.422	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	28.690	25.821	10,0%
OPEX	[€]	80.635	53.663	33,5%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1: Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,715	0,203	88,2%
EEM2: Rendimento di generazione	[-]	91,7	107	-16,7%

EEM3: Rendimento di regolazione	[-]	77	99	-28,6%
Q _{teorico}	[kWh]	448.442	145.966	67,5%
EE _{teorico}	[kWh]	95.522	94.516	1,1%
Q _{baseline}	[kWh]	444.038	144.533	67,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	95.156	94.153	1,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	89.696	29.196	67,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	44.438	43.970	1,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	134.134	73.165	45,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	34.093	11.097	67,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	17.853	17.664	1,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	51.946	28.762	44,6%
C _{MO}	[€]	22.665	20.398	10,0%
C _{MS}	[€]	6.025	5.422	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	28.690	25.821	10,0%
OPEX	[€]	80.635	54.582	32,3%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	46,9	46,9	24.103	2.667	603	85.514	2,46	2,80	-	21.763	43,5	0,26	1,289	1,582
SCN 2	45,5	45,5	23.184	2.667	603	262.339	3,28	3,65	-	48.428	41,41	0,19	1,217	0,611

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di due classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla G alla E**, attraverso lo scenario proposto numero 1 e concernente le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità rilevate dal punto di vista edilizio ed impiantistico. A tal riguardo si specifica che si fa particolare riferimento solo alle condizioni di obsolescenza del generatore e di altre parti dell’impianto termico e della copertura, senza considerare l’involucro opaco verticale e trasparente che, seppure in pessime condizioni non presenta la possibilità concreta di intervento. Infatti, trattandosi di una struttura realizzata con pannelli prefabbricati a ridottissimo spessore non è possibile intervenire sugli infissi senza sostituire anche il pannello prefabbricato sottostante. La sostituzione congiunta di infisso e pannello equivarrebbe al rifacimento completo dell’involucro esterno verticale della scuola ed, evidentemente, non risulta economicamente conveniente.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore di calore con uno modulare a condensazione, l’installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti e la sostituzione dell’attuale circolatore con uno elettronico a giri variabili. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).



Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 62.858 kg CO2.**

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 329.512 kWh.**

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1183_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO B Elaborati grafici posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO B Elaborati grafici schema CT DE_Lotto. n5-E1183_rev D_ ALLEGATO B_ Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1183_rev D_ ALLEGATO B_ Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1183_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1183_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO C_ Report termografico

ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO D_ Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO E_ Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev A-ALLEGATO F_ Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	11/05/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev B-ALLEGATO G_ APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	11/05/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev B-ALLEGATO G_ APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	11/05/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev B-ALLEGATO G_ RICEVUTA_ invio APE
APE stato di fatto (XML)	11/05/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev B-ALLEGATO G_ APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML)con firma digitale	11/05/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev B-ALLEGATO G_ APE stato di fatto.XML.P7M

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO K_ schede ORE

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PEF scenari di intervento	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1183_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM