

Scuola Primaria “Solari” e Scuola dell’infanzia “Piazza Solari” e Nido dell’infanzia “La Rondine” E459

Piazza Stanislao Solari 2

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Maggio 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

 eden
edilizia energetica

Scuola primaria “Solari” e scuola dell’infanzia “Piazza Solari” e nido dell’infanzia “La Rondine”

E459

Piazza Stanislao Solari 2

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Maggio 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

[Gruppo Eden srls

Via della Barca 24/3, 40133, Bologna

Tel: 051-7166459 – info@gruppoeden.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
Rev. A	24/04/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Prima emissione
Rev. B	14/05/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Seconda emissione
Rev. C	05/06/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Terza emissione

INDICE

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.

	PAGINA
EXECUTIVE SUMMARY	5
INTRODUZIONE	7
1.1 PREMESSA	7
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	7
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	7
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	8
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	9
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	12
2 DATI DELL’EDIFICIO	13
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	13
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO.....	13
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ‘INTERVENTI	14
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	15
3 DATI CLIMATICI.....	17
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	17
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	18
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	18
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	20
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO	20
<i>Involucro opaco</i>	<i>20</i>
<i>Involucro trasparente</i>	<i>21</i>
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	23
<i>Sottosistema di emissione</i>	<i>24</i>
<i>Sottosistema di regolazione.....</i>	<i>25</i>
<i>Sottosistema di distribuzione.....</i>	<i>27</i>
<i>Sottosistema di generazione.....</i>	<i>29</i>
LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.7.	29
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	30
LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.7.	30
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	31
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	31
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	31
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	32
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	33
5 CONSUMI RILEVATI	34
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	34
<i>Energia termica.....</i>	<i>34</i>
<i>Energia elettrica.....</i>	<i>38</i>
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	43
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO	48
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	48
<i>Validazione del modello termico.....</i>	<i>49</i>
<i>Validazione del modello elettrico.....</i>	<i>50</i>
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	50
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	52
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	54
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	54
<i>Vettore termico.....</i>	<i>54</i>

Vettore elettrico.....	58
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	62
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	63
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	63
TABELLA 7.8 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE.....	64
8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	65
8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	65
8.1.1 <i>Involucro edilizio</i>	65
8.1.2 <i>Impianto di riscaldamento</i>	70
8.1.3 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	71
8.1.4 <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	73
9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	76
9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	76
9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	80
9.3 IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	88
9.3.1 <i>Scenario 1: EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5 + EEM6</i>	90
9.3.2 <i>Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM4</i>	96
10 CONCLUSIONI	102
10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	102
10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	102
10.2.1 <i>Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:</i>	102
10.2.2 <i>Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi</i>	103
10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI.....	104
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
ALLEGATO B – ELABORATI	A
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.....	1
ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI.....	1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA.....	1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE	1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI.....	1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
ALLEGATO N – CD-ROM.....	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell’edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1968
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	5.042,56
Superficie disperdente (S)	[m ²]	8.879,96
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	22.113,33
Rapporto S/V	[1/m]	0,40
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.083,90
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.689,54
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	3.605,15
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	9.294,69
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore tradizionale a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	715
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Produzione combinata, scalda acqua a gas naturale e boiler elettrici	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	117,85
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	405.599
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	31.147,16
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	73.699
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	15.796,95

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento pareti esterne;
- EEM 2: Isolamento copertura;
- EEM 3: Sostituzione infissi;
- EEM 4: Sostituzione del generatore di calore e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- EEM 6: Installazione di un impianto fotovoltaico;
- SCN 1: Isolamento pareti esterne, isolamento copertura, sostituzione del generatore di calore e installazione valvole termostatiche, i Installazione nuove plafoniere con lampade led e installazione di un impianto fotovoltaico;
- SCN 2: Isolamento pareti esterne, isolamento copertura, sostituzione generatori di calore e installazione valvole termostatiche.

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_{CO_2} %	ΔC_E €/anno	ΔC_{MO} €/anno	ΔC_{MS} €/anno	I_0 [€]	TRS anni	TRA anni	n anni	VAN €	TIR %	IP -	DSCR	LLCR
EEM1	12,6%	13,3%	5.986,9	0,0	0,0	-222.330,4	18,6	32,2	30	-15.720,9	3,0%	-0,1	[n/a]	[n/a]
EEM2	10,3%	10,9%	4.901,0	0,0	0,0	-143.680,3	14,8	25,8	30	6.567,1	4,6%	0,0	[n/a]	[n/a]
EEM3	26,8%	28,5%	12.780,8	0,0	0,0	-524.253,7	27,7	42,2	30	-156.399,0	0,3%	-0,3	[n/a]	[n/a]
EEM4	5,7%	6,1%	2.716,6	7.671,6	2.039,3	-50.889,2	3,1	3,4	15	86.782,7	27,8%	1,7	[n/a]	[n/a]
EEM5	11,2%	10,2%	5.324,5	0,0	0,0	-68.775,5	6,9	8,9	8	-7.442,6	0,5%	-0,1	[n/a]	[n/a]
EEM6	13,5%	12,2%	6.410,9	0,0	0,0	-68.217,8	10,4	13,7	20	17.980,7	7,1%	0,3	[n/a]	[n/a]
SCN1	51,2%	50,7%	32.995,1	6.303,7	1.675,7	-559.979,4	9,9	14	15	15.659,0	4,6%	2,8	1,07	1,06
SCN2	30,7%	32,6%	23.222,9	6.303,7	1.675,7	-422.986,1	10,3	16	25	54.576,0	6,0%	12,9	1,15	1,01

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

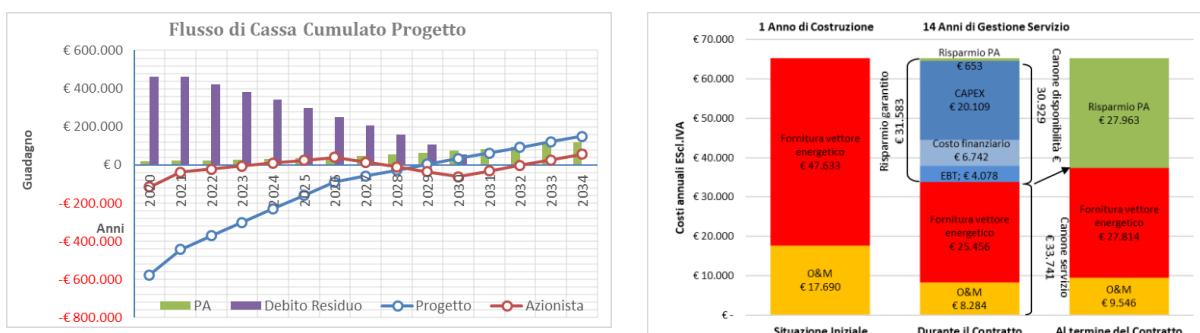
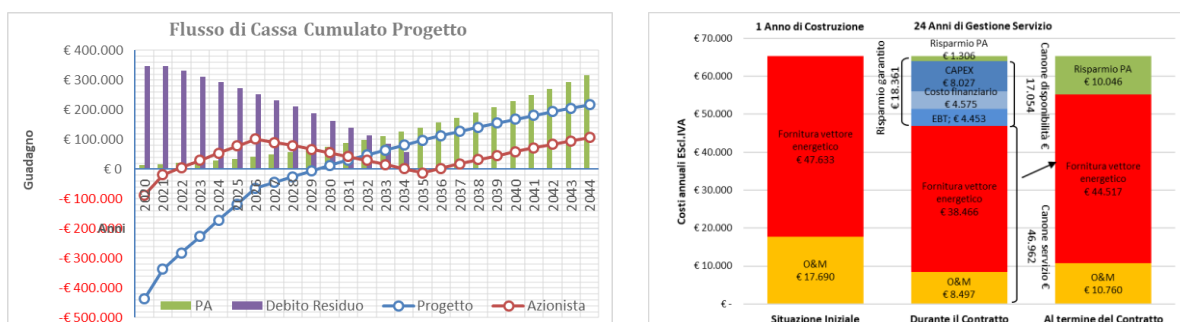


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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

Entrambi gli scenari prevedono interventi che coinvolgono sia l’involucro edilizio sia gli impianti termico ed elettrico, compreso il ricorso allo sfruttamento di forme di energia rinnovabile. In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l’ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR (si veda Capitolo 9.3); Entrambi gli scenari individuati consentono il salto di due classi, e presentano valori sufficienti per entrambi gli indicatori.

INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dal Gruppo Eden srls il cui responsabile per il processo di audit l’Arch. Valentina Raisa, soggetto certificato Esperto in Gestione dell’Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 0.1 - Vista delle facciate su cortile interno



In Tabella 0.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 0.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Eugenio Ardeni	TA – Tecnico dell’analisi preliminare	Analisi del capitolato tecnico del bando e preparazione materiale per il sopralluogo
Ing. Eugenio Ardeni	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Ing. Alex Nonni	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Ing. Eugenio Ardeni	TC – Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Eugenio Ardeni	TC – Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Sonia Subazzoli	Esperto involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Emanuele Pifferi	Esperto Impianto	Revisione report di diagnosi energetica
Arch. Valentina Raisa	REDE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 42 Mapp. 1034 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere San Fruttuoso, in piazza Stanislao Solari 2.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito alla scuola primaria “Solari”, alla scuola dell’infanzia “Piazza Solari” e al nido dell’infanzia “La Rondine”.

Figura 0.2 – Ubicazione dell’edificio



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

Tabella 0.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1968
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	5.042,56
Superficie disperdente (S)	[m ²]	8.879,96
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	22.113,33
Rapporto S/V	[1/m]	0,40
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.083,90
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.689,54
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	3.605,15

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	9.294,69
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	715
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Produzione combinata, scalda acqua a gas naturale e boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	117,85
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	405.599
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	31.147,16
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	73.699
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	15.796,95

Nota (1): Valori di Baseline

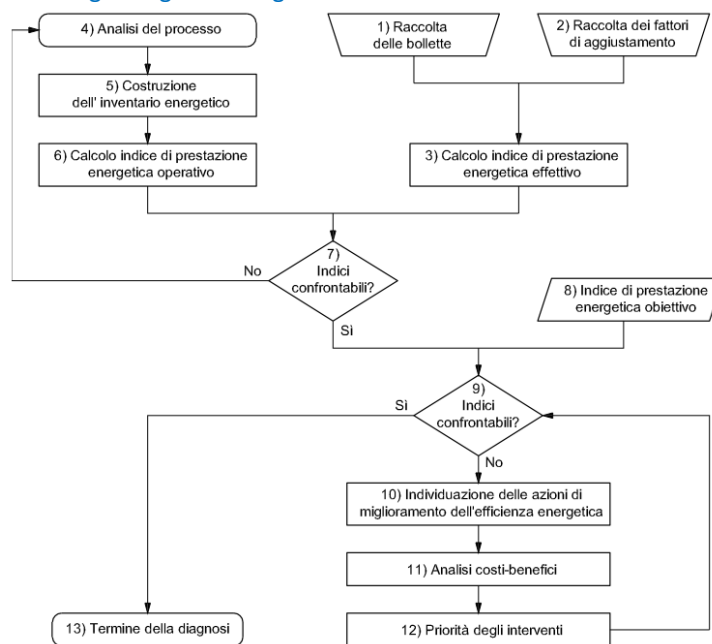
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 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, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Namirial Termo 4.2, rilasciato dalla Namirial Spa in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) in data 29/06/2016, protocollo n.71, come rispondente alle specifiche tecniche UNI TS 11300, ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell’Università di Genova e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

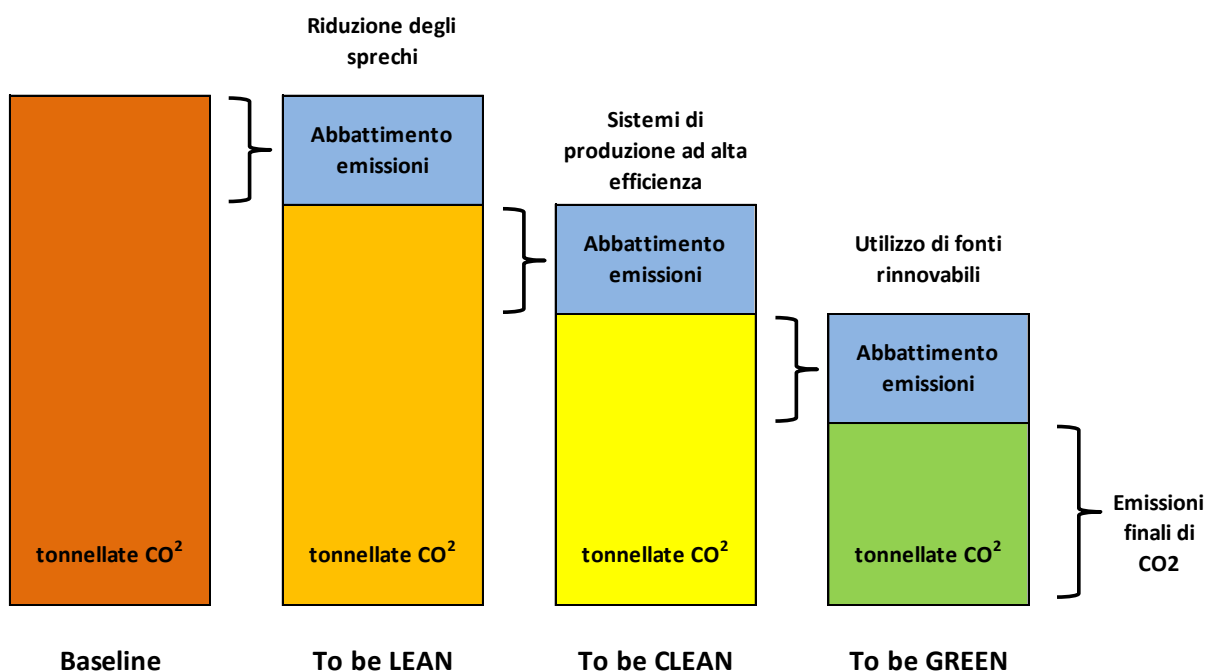
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCO;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 0.3 – 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 0.4

Figura 0.4 - Principio della Gerarchia Energetica, (fonte: London Plan 2011)



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 domanda d’utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, (“to Be Lean”). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalle riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall’installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

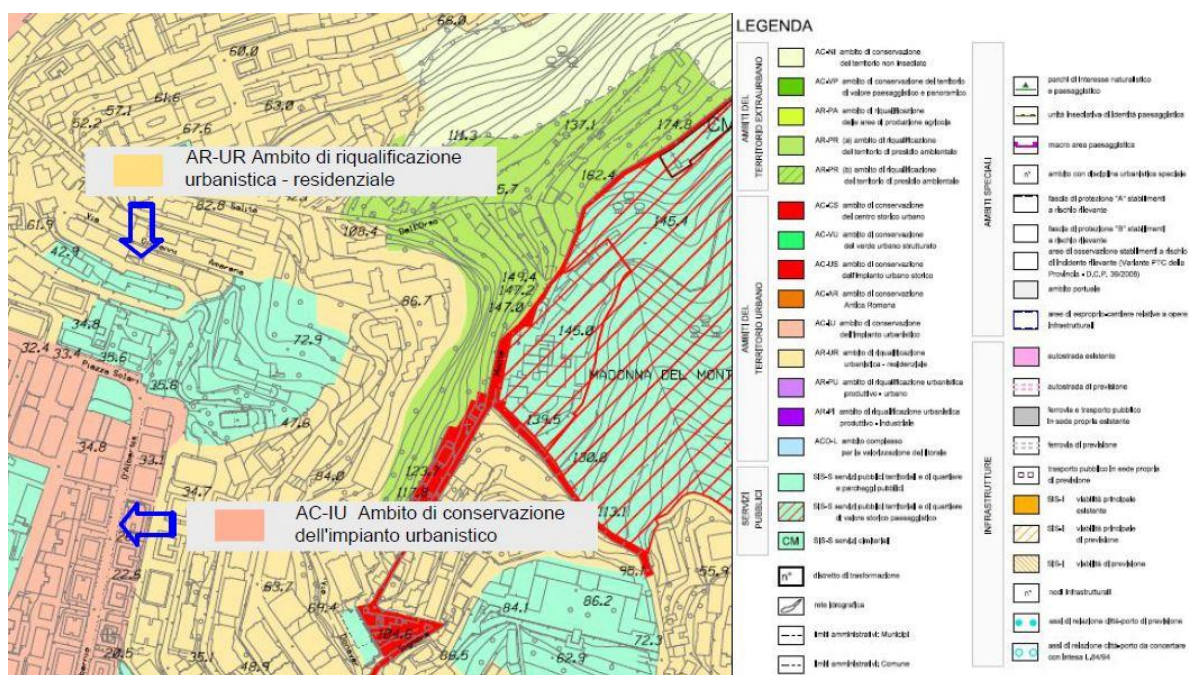
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL’EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l’edificio oggetto della DE a confine tra la zona AC-IU e la zona AR-UR. La prima zona riguarda l’ambito di conservazione dell’impianto urbanistico, avente come obiettivo la conservazione del patrimonio edilizio esistente a meno che non siano necessari di interventi di riqualificazione per inadeguatezza della tipologia o per stato di degrado sempreché non si tratti di fabbricati significativi sotto il profilo monumentale, architettonico, paesaggistico o documentario. La seconda zona è principalmente adibita a servizi di ordine pubblico, di residenza e strutture ricettive. In particolare l’edificio oggetto della DE viene classificato come 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 ove è ubicata la scuola elementare “Solari”, la scuola materna “Piazza Solari” e l’asilo nido “La Rondine” risale al 1968. Ai sensi del DPR 412/93 ricade nella destinazione d’uso E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. Al suo interno sono presenti anche un locale adibito a palestra.

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

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

È rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dagli studenti e dal personale docente.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie attività scolastiche e tutte le attività collegate all’utilizzo della palestra.

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

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

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



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	Aule scolastiche, Palestra, spogliatoi	[m ²]	1.243,81	1.080,10	0
Primo	Aule scolastiche, Cucina	[m ²]	1.691,58	1.534,08	0
Secondo	Aule scolastiche	[m ²]	1.067,88	941,41	0
Terzo	Aule scolastiche	[m ²]	1.067,10	943,88	0
Quarto	Aule scolastiche	[m ²]	619,17	543,25	0
TOTALE		[m²]	5.689,54	5.042,72	0

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

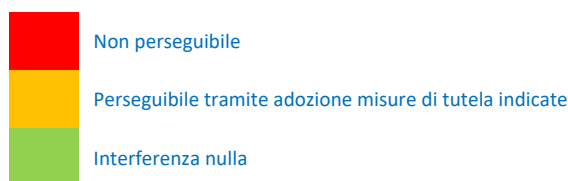
Dal punto di vista storico l’edificio è risale agli anni 60 del XX secolo e non risulta un bene culturale, ambientale o paesaggistico soggetto a tutela.

Nell’analisi delle EEM non è quindi necessaria l’identificazione delle possibili interferenze data l’assenza di vincoli.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento pareti esterne	-		-
EEM 2: Isolamento copertura	-		-
EEM 3: Sostituzione Infissi e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 4: Sostituzione generatori di calore e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 5: Installazione nuove plafoniere con lampade led	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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

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.

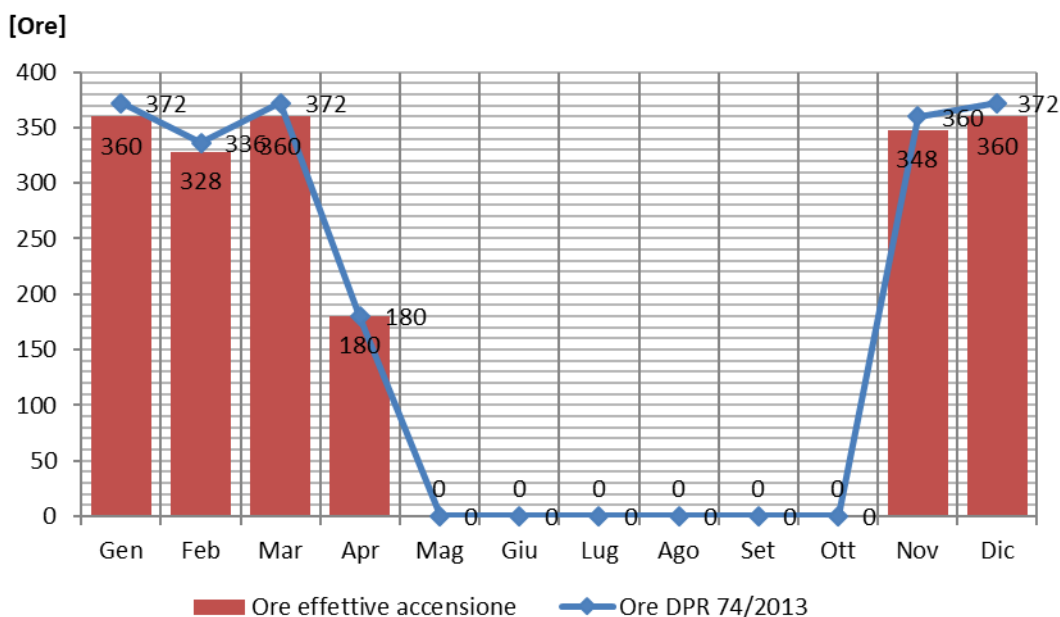
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati indicati dal personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti corrispondono ai giorni di apertura e chiusura dell’edificio.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17:00	6.00 – 18:00
	Sabato	-	6.00 – 18:00
Dal 15 Aprile al 1 Novembre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17:00	-

Figura 2.3 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’edificio



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale



all'interno della struttura e risulta che gli impianti vengono tenuti accesi anche il sabato e a volte la domenica.

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 Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1.315 GG calcolati su 155 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 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei Ggrif

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 _{risc}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	19	29	278	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	21	26	250	19%
Marzo	31	11,1	31	276	20	29	258	19%
Aprile	30	15,3	31	71	20	14	68	5%
Maggio	31	18,7	15	-	22	0	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	0	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	21	0	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	18	0	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	22	0	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	28	188	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	29	290	22%
TOTALE	365	16,7	166	1421	245	155	1332	100%

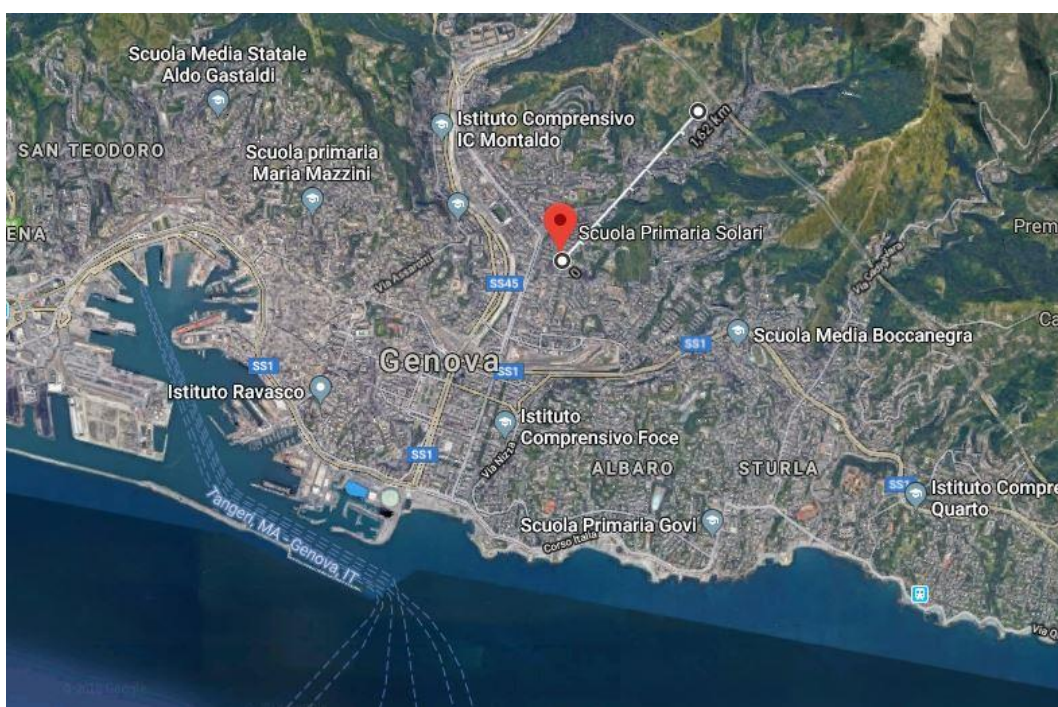
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 più vicina “GENOVA QUEZZI” in via Salita della Costa dei Ratti 6.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all’edificio oggetto della DE, a circa 1.620 m di distanza in linea d’aria.

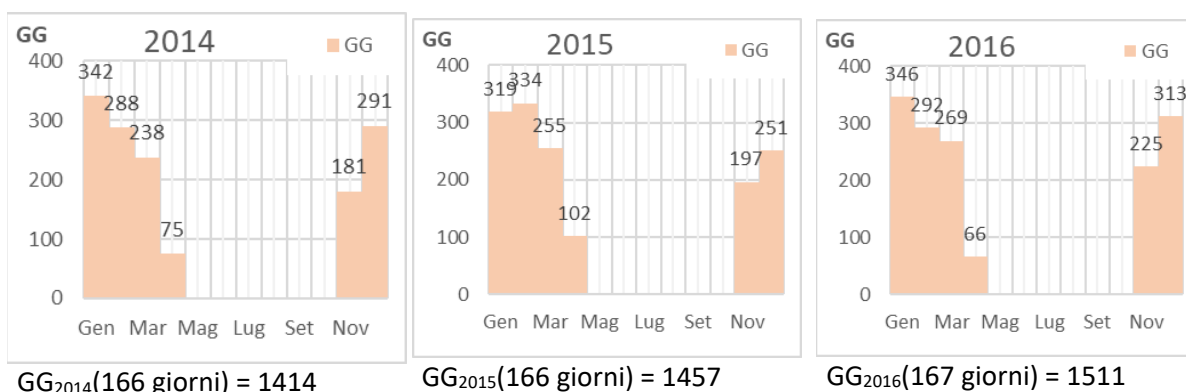
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

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

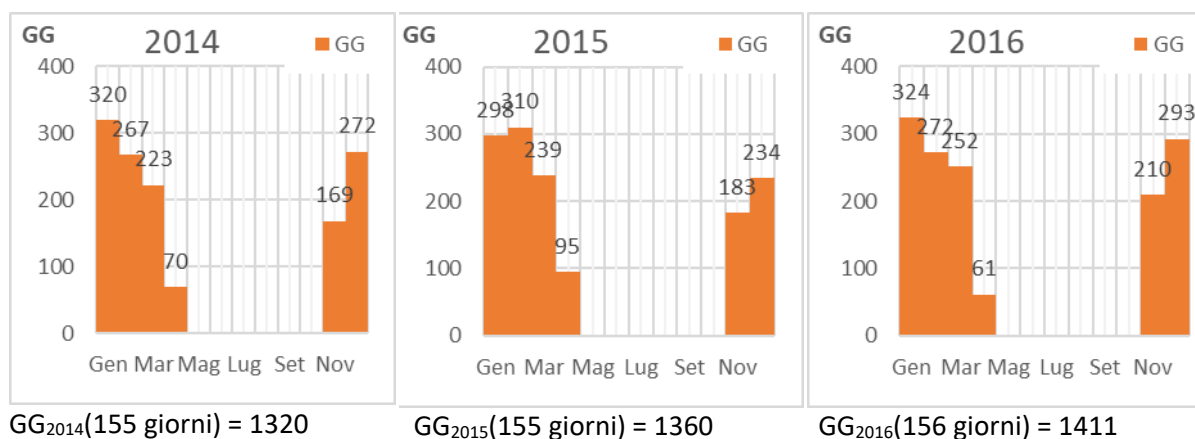


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1364 GG calcolati su 155 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 0.

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.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO

Involucro opaco

L’involucro edilizio opaco che costituisce l’edificio è composto da murature portanti costituite prevalentemente da mattoni semi-pieni. La copertura dell’edificio a tutti i livelli è piana, costituita da blocchi di laterizio più calcestruzzo e materiale impermeabile e viene sfruttata come terrazza a livello del secondo e del terzo piano. Dove è possibile viene anche usata anche la conformazione del terreno a livello del primo piano, così di fatto il piano terra diventa parzialmente seminterrato.

Figura 4.1 – Particolare dell’ingresso principale



Figura 4.2 - Particolare della facciata retrostante

Va inoltre sottolineato che, anche se si tratta di un edificio che si trova a ridosso di una zona di conservazione dell’impianto urbanistico, è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell’involucro visibili dall’esterno in quanto l’edificio non risulta vincolato.



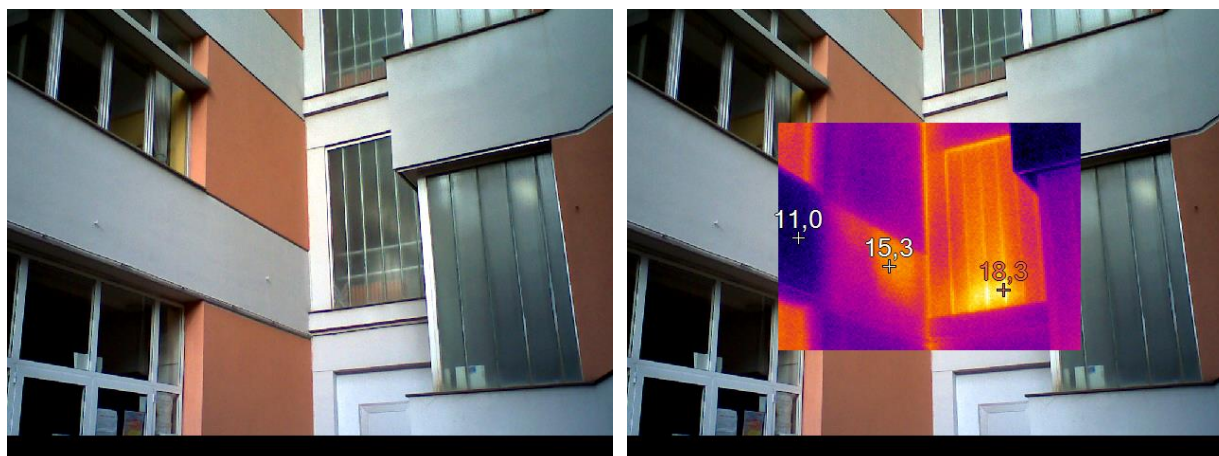
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di termo camera ad infrarossi.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L’immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell’involucro dell’edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell’involucro edilizio. Si notino in particolare un infisso del vano scale e la zona del muro esterno in corrispondenza dei terminali di emissione quali gli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell’edificio.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



L’analisi termografica viene riportata nell’Allegato C – Report di indagine termografica.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	PE – 40	40	Assente	1,27	Sufficiente
Parete verticale	PE – 30	30	Assente	1,58	Sufficiente
Parete verticale	PE – 20	20	Assente	2,10	Sufficiente
Solaio interpiano	SOL1	40	Assente	1,14	Sufficiente
Copertura piana	COP1	42	Assente	1,42	Sufficiente

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

Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto prevalentemente da due tipologie di serramenti: la prima con telaio in metallo senza taglio termico e vetro singolo; la seconda con telaio in metallo con taglio termico e vetro doppio 4-16-4 e 4-20-4. In particolare lo stato di conservazione della seconda tipologia di finestre è buono.

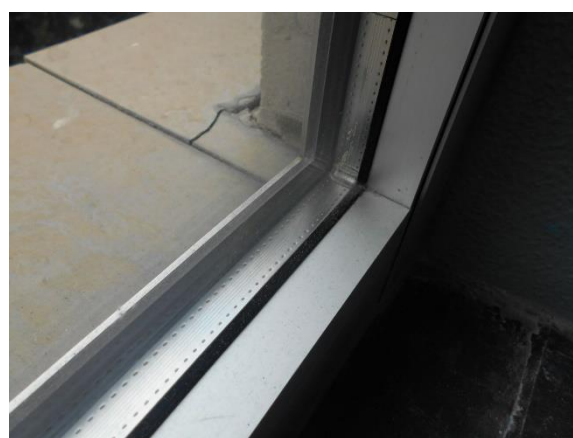
Figura 4.4 – Particolare dei serramenti



Figura 4.5 – Particolare dei serramenti – dettaglio angolo singolo vetro



Figura 4.6 – Particolare dei serramenti – dettaglio angolo doppio vetro



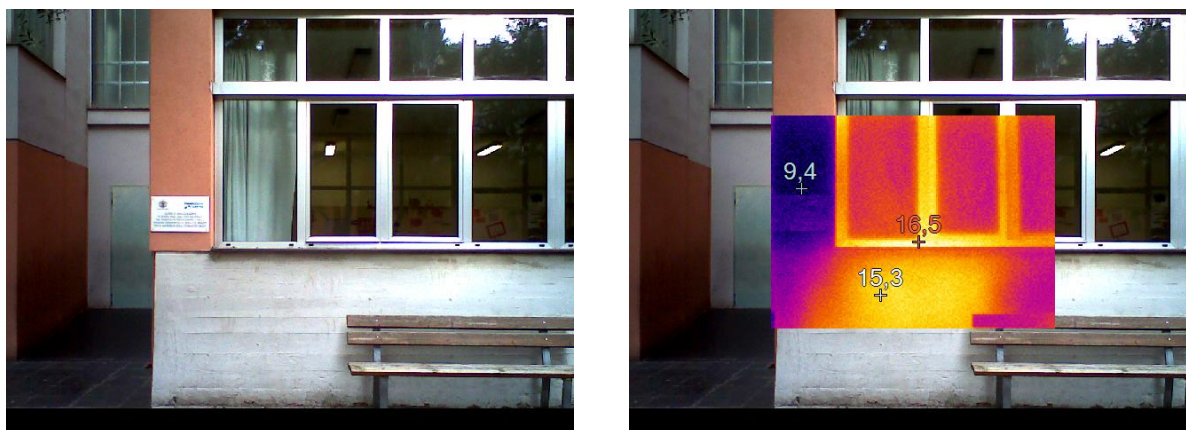
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di termo camera ad infrarossi.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L’immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell’involucro dell’edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell’involucro edilizio. Si notino in particolare il telaio dell’infisso e la zona del muro esterno al di sotto della finestra in corrispondenza dei terminali di emissione quali gli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell’edificio; mentre il muro a fianco della finestra è molto più freddo.

Figura 4.7 – Rilievo termografico dei serramenti



L’analisi termografica viene riportata nell’Allegato C – Report di indagine termografica.

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 verticale	F1	73x215	Metallo senza Taglio termico	Vetro singolo	5,74	Sufficiente
Serramento verticale	F2	73x71	Metallo senza Taglio termico	Vetro singolo	5,75	Sufficiente
Serramento verticale	F3	230x215	Metallo senza Taglio termico	Vetro singolo	5,74	Sufficiente
Serramento verticale	F4	218x215	Metallo senza Taglio termico	Vetro doppio	3,43	Sufficiente
Serramento verticale	F5	600x215	Metallo con Taglio termico	Vetro doppio	2,40	Buono
Serramento verticale	F6	262x318	Metallo con Taglio termico	Vetro singolo	5,73	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito prevalentemente da un impianto ad acqua, alimentato da una caldaia a basamento.

Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa;
- Ventilconvettori;
- Aerotermi ad acqua;

I radiatori in ghisa sono installati in quasi tutte le aule dell’edificio e nei corridoi tranne la palestra e alcuni locali al piano terra dell’asilo nido; in questi locali, in particolare nei corridoi centrali del piano, infatti si trovano dei ventilconvettori. Infine nella palestra del piano terra sono installati aerotermi ad acqua.

Figura 4.8 – Particolare di un radiatore in ghisa



Figura 4.9 – Particolare di un ventilconvettore



Figura 4.10 – Particolare di un aerotermo ad acqua



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
ZT-01 Aule scolastiche	Radiatori in ghisa con valvole termostatiche	93%
ZT-02 Aule scolastiche	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	93%
ZT-03 Cucina	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	93%
ZT-04 Aule scolastiche	Ventilconvettori	96%
ZT-05 Palestra	Aerotermi ad acqua	96%

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

Tabella 4.4 – Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA ⁽²⁾	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽²⁾	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[Kw]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatori in ghisa	28	0,68 ÷ 3,78	60,15	0	0
Terra	Ventilconvettori	3	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾	0	0
Terra	Aerotermi ad acqua	4	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾	0	0
Primo	Radiatori in ghisa	2	0,54 ÷ 4,05	104,68	0	0
Secondo	Radiatori in ghisa	38	0,41 ÷ 3,24	62,20	0	0
Terzo	Radiatori in ghisa	41	0,33 ÷ 3,24	66,82	0	0
Quarto	Radiatori in ghisa	20	0,44 ÷ 3,84	44,75	0	0
TOTALE		-	-	-	-	-

Nota (1): Non sono disponibili la potenza termica unitaria e complessiva dei ventilconvettori e degli aerotermi in quanto non è possibile determinare tali valori sulla base del materiale a disposizione e delle informazioni rilevate in sede di sopralluogo

Nota (2): I dati inseriti sono stati presi dalle check list dei componenti dell’impianto di climatizzazione - terminali messi a disposizione da parte della PA; così è stato riportato il range della potenza termica unitaria indicando il valor minimo e massimo e la potenza termica totale dei terminali di emissione

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.

Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento della caldaia in centrale termica avviene mediante telegestione con sonde climatiche esterne ed interne e gli orari di accensione e spegnimento vengono settati in una centralina di controllo. La temperatura di set-point invernale è di 20 °C. La maggior parte dei radiatori del piano terra, primo e secondo piano sono dotati di valvole on-off, mentre i restanti sono dotati di valvole termostatiche; al contrario la maggior parte dei radiatori del piano terzo e quarto hanno le valvole termostatiche tranne alcuni.

Figura 4.11 – Particolare della centralina di controllo dell’edificio



Figura 4.12 – Dispositivi per la telegestione



Figura 4.13 – Particolare di un radiatore in ghisa con valvola on-off

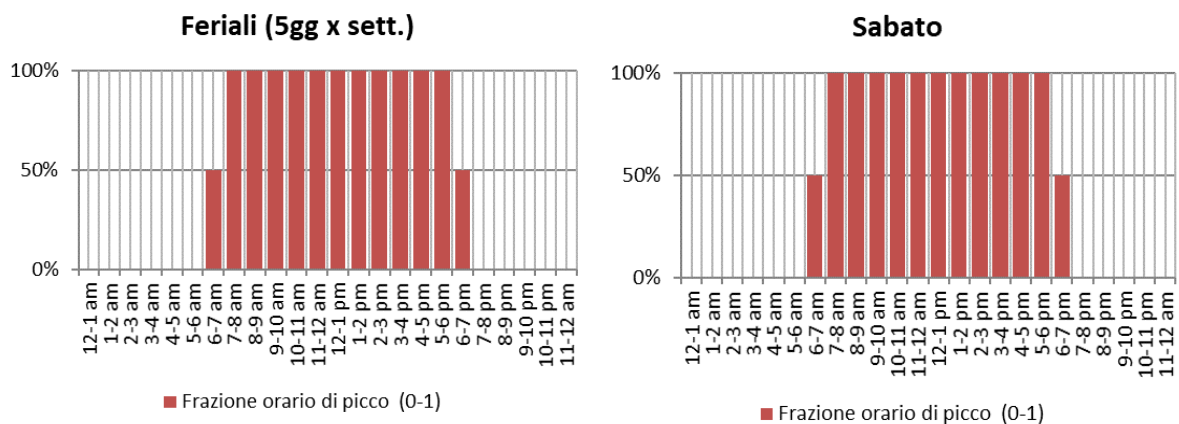


Figura 4.14 – Particolare di un radiatore in ghisa con valvola termostatica



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

Figura 4.15 – Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per le zone termiche



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
ZT-01 Aule scolastiche	Singolo ambiente + Climatica	97%
ZT-02 Aule scolastiche	Zona + Climatica	96%
ZT-03 Cucina	Zona + Climatica	96%
ZT-04 Aule scolastiche	Zona + Climatica	96%
ZT-05 Palestra	Zona + Climatica	96%

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

Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuiti secondari di mandata alle diverse tipologie di terminali di emissione (fluido termovettore acqua).

1) **Circuiti secondari:** sono presenti tre pompe di circolazione gemellari dotate di inverter per le varie zone termiche con diversi terminali di emissione e per lo scambiatore di calore installato in centrale termica; quindi i circuiti secondari sono a servizio di:

- ZT-01, ZT-02: per le aule scolastiche, i servizi igienici e per i corridoi dotati di radiatori in ghisa con e senza valvole termostatiche a servizio della scuola materna e scuola elementare;
- ZT-02, ZT-03: per le aule scolastiche, i servizi igienici e per i corridoi dotati di radiatori in ghisa con e senza valvole termostatiche e per i locali dotati di ventilconvettori a servizio dell’asilo nido;
- ZT-04: per la palestra del piano terra;
- Per lo scambiatore di calore a servizio dell’acqua calda sanitaria;

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME		SERVIZIO	PORTATA ⁽²⁾ m ³ /h	PREVALENZA ² kPa	POTENZA ASSORBITA kW
ZT-01, ZT-02, ZT-03	DAB	mandata acqua calda a radiatori	Non disponibile	Non disponibile	0,94 ÷ 1,275 ⁽¹⁾
ZT-02, ZT-04	DAB	mandata acqua calda a radiatori e a ventilconvettori	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile ⁽³⁾
ZT-05	DAB	mandata acqua calda agli aerotermini	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile ⁽³⁾
ZT-05	DAB	mandata acqua calda allo scambiatore di calore	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile ⁽³⁾
TOTALE	-	-	-	-	Non disponibile

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): non è stato possibile determinare il dato della portata e della prevalenza né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

Nota (3): non è stato possibile determinare il dato della potenza né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

Le temperature del fluido termovettore all’interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽³⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾
			°C	°C
ZT-01, ZT-02, ZT-03	Mandata	Caldo	62	70
	Ritorno	Caldo	60	55
ZT-02, ZT-04	Mandata	Caldo	Non disponibile	70
	Ritorno	Caldo	Non disponibile	55
ZT-04	Mandata	Caldo	Non disponibile	70
	Ritorno	Caldo	Non disponibile	55
Per scambiatore di calore	Mandata	Caldo	Non disponibile	Non disponibile
	Ritorno	Caldo	Non disponibile	Non disponibile

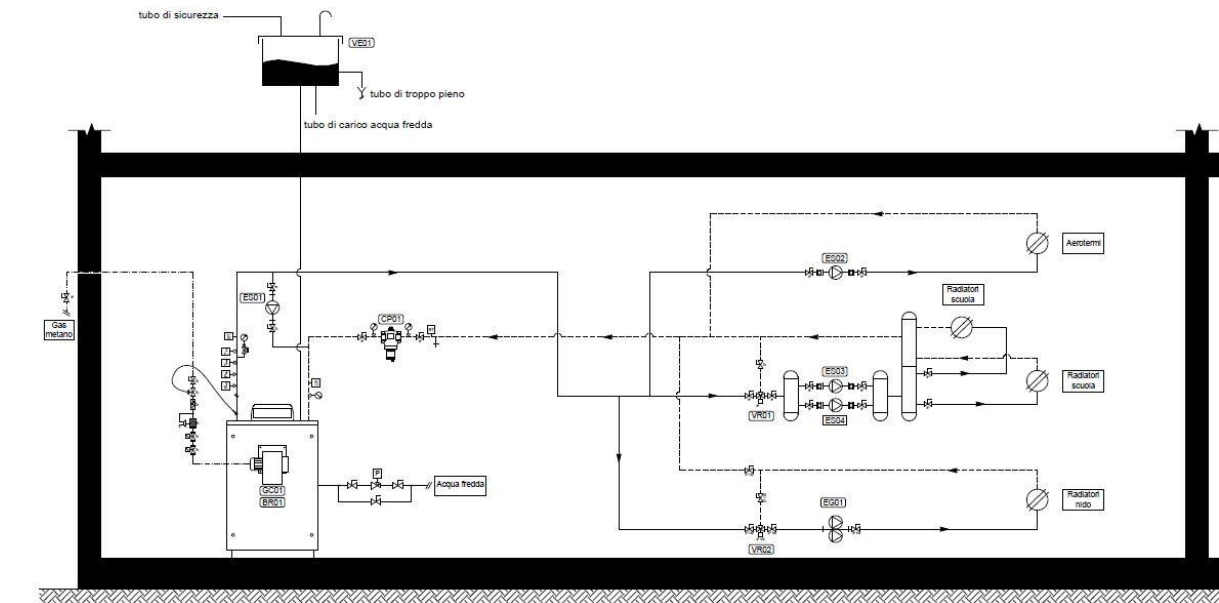
Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (2): Valori rilevati il giorno 22/11/2017 alle ore 16.00, in orario di apertura dell’edificio scolastico, con una temperatura esterna di circa 10°C

Nota (3): Non è disponibile la temperatura di mandata e di ritorno dei circuiti in quanto non è stato possibile rilevarle in fase di rilievo

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare una grande differenza tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo. Tale differenza può essere dovuta ad un utilizzo inferiore rispetto ad un funzionamento a massimo carico.

Figura 4.16 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 031-P00-018-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 99.08%.

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.

Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di una caldaia standard a basamento, marca IVAR modello SUPERAC 700 AR.

Figura 4.17 - Particolare della caldaia a basamento



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾ [kW]	RENDIMENTO ⁽²⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽²⁾ [kW]
Gen 1	Riscaldamento	Ivar	Superac 700 AR	2011	750	715	94%	0,1

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 94%. Il rendimento indicato dalle prove fumi è del 95%.

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 e 8 dell’ Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita principalmente tramite 8 bollitori elettrici ad accumulo; due sono installati nei servizi igienici dell’asilo nido del piano terra, tre si trovano al primo piano, due al secondo e uno al terzo. Tutti i boiler hanno una potenza installata di 1,2 kW, con capacità di accumulo pari a 30, 50 e 75 litri. L’acqua calda sanitaria può essere prodotta anche dalla caldaia in centrale termica grazie allo scambiatore di calore presente, ma questo risulta poco utilizzato. Infine per la produzione di acqua calda sanitaria è presente anche un secondo impianto ad acqua, costituito da una caldaia murale di potenza utile pari a 28,8 kW, installata a fianco della cucina per uso della mensa. Questa caldaia è regolata tramite un dispositivo di telecontrollo.

Figura 4.18 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



Figura 4.19 - Particolare dello scambiatore di calore per l’acqua calda sanitaria in centrale termica



Figura 4.20 - Particolare della caldaia murale



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾ [kW]	RENDIMENTO ⁽²⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽²⁾ [kW]
Gen 1 Acqua calda sanitaria	Ivar	Superac 700 AR	2011	750	715	95%	0,1
Gen 2 Acqua calda sanitaria	Beretta	Idrobagno 17 ESI	2015	32	28,8	90%	0,1

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione è stato assunto nella DE pari al 90%.

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 ⁽¹⁾	Sottosistema di Distribuzione ⁽¹⁾	Sottosistema di Ricircolo ⁽²⁾	Sottosistema di Accumulo ⁽³⁾	Sottosistema di Generazione ⁽¹⁾	Rendimento Globale medio stagionale ⁽¹⁾
100%	92,6%	-	-	75%	70%

Nota (1): Valori ricavati da modello energetico

Nota (2): Dato mancante in quanto assente tale sottosistema

Nota (3): Dato mancante in quanto non è possibile determinarlo

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

L’edificio non è dotato di un impianto di climatizzazione estiva. Sono presenti alcuni ventilatori a soffitto nell’asilo nido al piano terra e al primo piano.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

L’edificio non è dotato di un impianto ventilazione meccanica.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali un montavivande, PC, stampanti ed altri dispositivi in uso del personale. Sono state valutate le ore di utilizzo in base ai giorni di occupazione dell’edificio e il numero di ore giornaliere in cui mediamente vengono usate queste utenze.

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Aule scuola	PC + Monitor	16	150	2,4	1.362
Aule scuola	LIM	14	300	4,2	1.362
Aule scuola	FAX/stampanti	6	1.000	6	454
Aule scuola	Stampanti Multifunzione /Fotocopiatrici	2	1.100	2,2	2.328
Aule scuola	TV/Stereo	3	150	0,45	454
Aule scuola	CED	1	1.000	1	2.328
Aule scuola	UPS	5	150	0,75	2.328
Aule scuola	Macchinette snack	3	1.100	3,3	2.328
Aule scuola	Frigorifero	1	500	0,5	2.328

Aule scuola	Freezer	1	700	0,7	2.328
Aule scuola	Lavatrice	1	2.000	2	454
Edificio	Montacarichi	1	2.000	2	980

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito principalmente da lampade fluorescenti. Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a tubi fluorescenti installate a soffitto nella maggior parte dei locali;
- Lampade fluorescenti installate nei servizi igienici;
- Fari a ioduri metallici installati nell’auditorium.

Figura 4.21 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule scolastiche



Figura 4.22 - Particolare dei corpi illuminanti e di un ventilatore ubicati nell’asilo nido



Figura 4.23 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[kW]
Aule piano terra	2x36 W Tubi Fluorescenti	29	72	2,088
Aule e servizi igienici piano terra	1x36W Tubi Fluorescenti	36	36	1,296
Palestra piano terra	Fari a ioduri metallici	12	200	2,4
Aule piano primo	2x36W Tubi Fluorescenti	34	72	2,448
Aule e servizi igienici	1x36W Tubi Fluorescenti	72	36	2,592

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]
piano primo				
Servizi igienici piano primo	1x18W Tubi Fluorescenti	3	18	0,054
Mensa piano primo	4x18W Tubi Fluorescenti	28	72	2,016
Aule piano secondo	2x36W Tubi Fluorescenti	55	72	3,96
Aule e servizi igienici piano secondo	1x36W Tubi Fluorescenti	34	36	1,224
Aule piano terzo	2x36W Tubi Fluorescenti	45	72	3,24
Aule e servizi igienici piano terzo	1x36W Tubi Fluorescenti	36	36	1,296
Aule piano quarto	2x36W Tubi Fluorescenti	27	72	1,944
Aule e servizi igienici piano quarto	1x36W Tubi Fluorescenti	23	36	0,828

L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell' Allegato J – Schede di audit.

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

L'edificio non è dotato di un impianto a fonte rinnovabile o di tipo cogenerativo per la produzione di energia elettrica e/o termica.

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;

Energia termica

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

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kg/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 (1) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 3 contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica;
- Uso cottura a servizio della mensa scolastica.

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

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

L’analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base de m³ di gas metano forniti 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]
03270049875012	Riscaldamento	41.919	44.836	44.120	394.880	422.357	415.610
03270000998858	Produzione acs	1	1	0	10	10	-
03270000998959	Uso cottura	4.869	5.628	6.427	45.866	53.019	60.546

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione termici si è provveduto alla valutazione dei consumi mensili fatturati nel triennio di riferimento, ma il PDR 03270036828526 è gestito tramite contratto SI3, quindi non si hanno a disposizione le fatture; perciò sono stati ricostruiti i consumi mensili parametrizzando i consumi annuali forniti dalla società di distribuzione sulla base dei GG nei giorni di utilizzo per ogni mese nel periodo di riscaldamento.

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

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

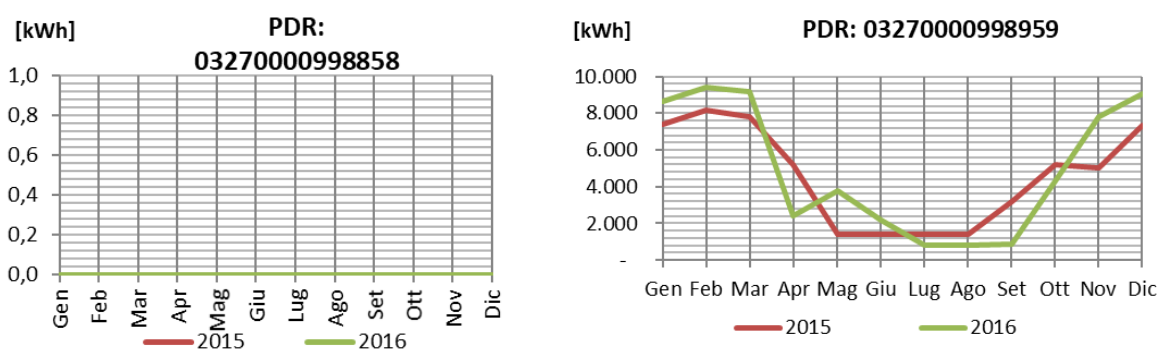
PDR: 03270049875012	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	10.154	9.832	10.124	95.655	92.614	95.367
Febbraio	8.473	10.227	8.499	79.812	96.343	80.061
Marzo	7.076	7.885	7.874	66.660	74.277	74.174
Aprile	2.221	3.134	1.906	20.925	29.524	17.955
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	5.363	6.038	6.562	50.518	56.873	61.812
Dicembre	8.631	7.720	9.155	81.307	72.723	86.242
Totale	41.919	44.836	44.120	394.877	422.355	415.610

PDR: 03270000998858	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Febbraio	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Marzo	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Aprile	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Maggio	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Giugno	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Luglio	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Agosto	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Settembre	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Ottobre	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Novembre	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Dicembre	n.d.	0	0	n.d.	0	0
Totale	-	0	0	-	0	0

PDR: 03270000998959	2014 ⁽¹⁾	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	n.d.	785	917	n.d.	7.390	8.638
Febbraio	n.d.	867	1.076	n.d.	8.168	10.131
Marzo	n.d.	826	912	n.d.	7.779	8.586
Aprile	n.d.	481	258	n.d.	4.531	2.430
Maggio	n.d.	258	398	n.d.	2.429	3.749
Giugno	n.d.	234	230	n.d.	2.208	2.167
Luglio	n.d.	-	86	n.d.	-	810
Agosto	n.d.	-	88	n.d.	-	829
Settembre	n.d.	258	95	n.d.	2.429	895
Ottobre	n.d.	659	459	n.d.	6.205	4.324
Novembre	n.d.	659	827	n.d.	6.205	7.790
Dicembre	n.d.	806	961	n.d.	7.589	9.053
Totale	-	5.831	6.306	-	54.933	59.403

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio per il primo PDR è caratterizzato da un valore minimo pari a 41.919 m³ nel 2014, e un valore di massimo prelievo pari a 44.836 m³ nel 2015. I consumi annui hanno subito prima un aumento dal 2014 al 2015 del 7% dato l’aumento dei gradi giorni invernali in questi due anni, poi i consumi sono calati leggermente nonostante l’aumento ulteriore dei GG invernali nel 2016.

Inoltre per il secondo PDR è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore quasi nullo per tutto il triennio, per cui si deduce che la caldaia associata a tale contatore non sia stata praticamente mai utilizzata per la produzione di acqua calda sanitaria o neanche per il riscaldamento di ambienti.

Infine per il terzo PDR è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 4.869 m³ nel 2014, e un valore di massimo prelievo pari a 6.306 m³ nel 2016. I consumi annui hanno subito un continuo aumento nel triennio su base annua prima 20% dal 2014 al 2015, poi dell’8% dal 2015 al 2016.

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.

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

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l’ACS nel triennio di riferimento. Tale contributo è stato valutato solo a servizio della cucina in misura pari all’1% rispetto al consumo del riscaldamento in quanto l’acs viene prodotta dalla caldaia murale a gas anche se suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato e non sono attribuibili all’impianto di riscaldamento.

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU 155 GIORNI	GG _{RIF} SU 155 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 1332 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.320	1.332	41.919	394.877	299,1	398.467	3.949	-
2015	1.360	1.332	44.836	422.355	310,6	413.660	4.224	-
2016	1.411	1.332	44.120	415.610	294,6	392.341	4.156	-
Media	1.364	1.332	43.625	410.948	301,4	401.489	4.109	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento variabile dei consumi: prima sono aumentati dal 2014 al 2015, poi sono leggermente diminuiti dal 2015 al 2016 nonostante una continua diminuzione delle temperature esterne medie mensili, mentre il consumi dovuti all’uso della cucina sono costantemente aumentati.

L’aumento dei consumi legati al riscaldamento e all’uso della cucina è dovuta alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento e al maggior utilizzo dell’edificio.

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

Tabella 5.5 –Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
\overline{Q}_{ACS}	-
\overline{Q}_{ALTRO}	4.109
$\overline{a}_{rif} \times GG_{rif}$	401.489
$Q_{baseline}$	405.599

Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Asilo nido;
- Scuola materna ed elementare;

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

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

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

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097141	Asilo nido “La Rondine” e scuola materna “Solari”	54.697	58.830	61.845	58.457
IT001E00097140	Scuola elementare “Solari”	15.996	14.428	15.300	15.241
TOTALE		70.693	73.258	77.145	73.699

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA e sono emerse le differenze per il 2015 e per il 2016 mentre i consumi per il primo anno sono identici per entrambi i POD; nel 2015 per il POD1 sono stati elaborati tramite l’analisi della fatturazione 3.623 kWh in meno del dato fornito dalla PA. Maggiore è la differenza per il 2016 per cui la PA ha indicato un consumo di 4.549 kWh in più del dato elaborato.

Per il POD2 nel 2015 il consumo fornito dalla PA è di 694 kWh maggiore del dato elaborato tramite l’analisi della fatturazione. Mentre nel 2016 la PA ha indicato un consumo superiore di 778 kWh.

L’individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali, fatturati dalla società di fornitura, per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 73.699 kWh.

I consumi mensili fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.7.

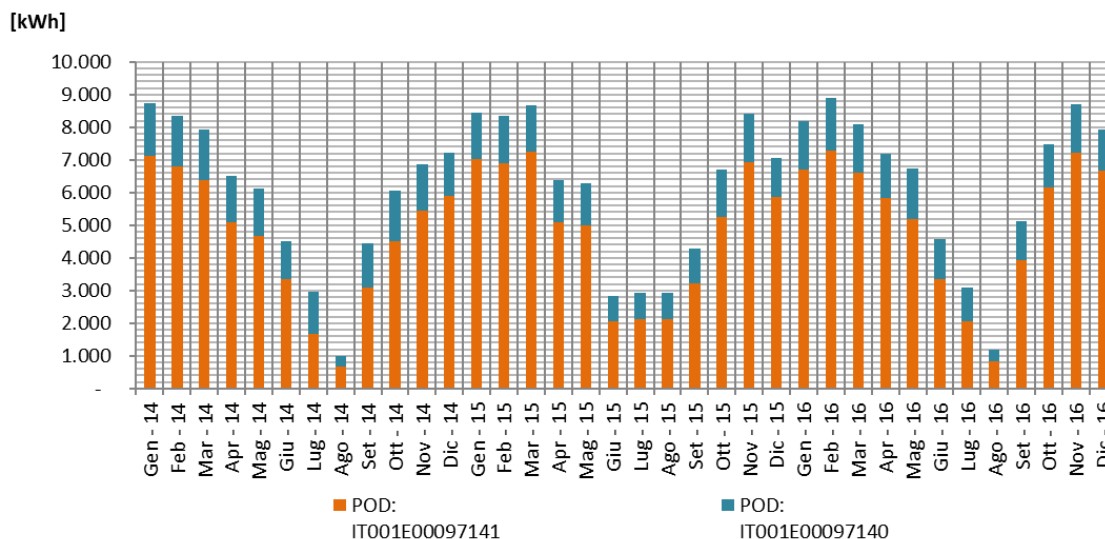
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD IT001E00097141	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.946	996	1.190	7.132
Febbraio	4.089	850	1.849	6.788
Marzo	4.522	903	942	6.367
Aprile	3.805	685	592	5.082
Maggio	3.315	712	659	4.686
Giugno	2.325	526	507	3.358
Luglio	949	315	405	1.669
Agosto	196	160	308	664
Settembre	2.226	464	402	3.092
Ottobre	3.493	608	416	4.517
Novembre	4.105	708	638	5.451
Dicembre	4.218	831	842	5.891
Totale	38.189	7.758	8.750	54.697
POD IT001E00097141	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.837	1.051	1.124	7.012
Febbraio	4.853	1.072	976	6.901
Marzo	4.973	1.118	1.171	7.262
Aprile	3.441	818	846	5.105
Maggio	3.258	825	915	4.998
Giugno	1.180	362	503	2.045
Luglio	1.219	374	519	2.112
Agosto	1.219	374	519	2.112
Settembre	2.242	486	500	3.228
Ottobre	3.858	797	612	5.267
Novembre	4.851	1.012	1.076	6.939
Dicembre	4.077	799	973	5.849
Totale	40.008	9.088	9.734	58.830
POD IT001E00097141	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.604	970	1.119	6.693
Febbraio	5.268	1.026	1.000	7.294
Marzo	4.660	987	957	6.604
Aprile	3.826	987	1.012	5.825
Maggio	3.860	712	631	5.203
Giugno	2.187	543	619	3.349
Luglio	1.144	383	534	2.061
Agosto	308	183	338	829
Settembre	2.708	578	644	3.930
Ottobre	4.278	985	882	6.145
Novembre	5.245	1.052	936	7.233
Dicembre	4.152	1.168	1.359	6.679
Totale	42.240	9.574	10.031	61.845

POD IT001E00097141	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.270	173	164	1.607
Febbraio	1.267	167	137	1.571
Marzo	1.225	166	168	1.559
Aprile	1.082	145	188	1.415
Maggio	1.123	158	168	1.449
Giugno	839	125	173	1.137
Luglio	958	157	165	1.280
Agosto	95	76	162	333
Settembre	1.034	165	155	1.354
Ottobre	1.197	176	173	1.546
Novembre	1.057	157	191	1.405
Dicembre	994	139	207	1.340
Totale	12.141	1.804	2.051	15.996
POD IT001E00097141	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.100	160	187	1.447
Febbraio	1.103	162	173	1.438
Marzo	1.033	164	200	1.397
Aprile	950	135	176	1.261
Maggio	959	149	172	1.280
Giugno	541	108	146	795
Luglio	559	111	151	821
Agosto	559	111	151	821
Settembre	762	126	155	1.043
Ottobre	1.108	163	174	1.445
Novembre	1.135	158	186	1.479
Dicembre	854	135	212	1.201
Totale	10.663	1.682	2.083	14.428
POD IT001E00097141	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.099	169	212	1.480
Febbraio	1.245	170	188	1.603
Marzo	1.140	162	177	1.479
Aprile	1.035	163	179	1.377
Maggio	1.198	154	180	1.532
Giugno	878	145	192	1.215
Luglio	713	142	166	1.021
Agosto	112	79	161	352
Settembre	887	141	150	1.178
Ottobre	980	174	181	1.335
Novembre	1.126	166	183	1.475
Dicembre	887	161	205	1.253
Totale	11.300	1.826	2.174	15.300

Considerando la presenza di più POD a servizio dell’ edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.2 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

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



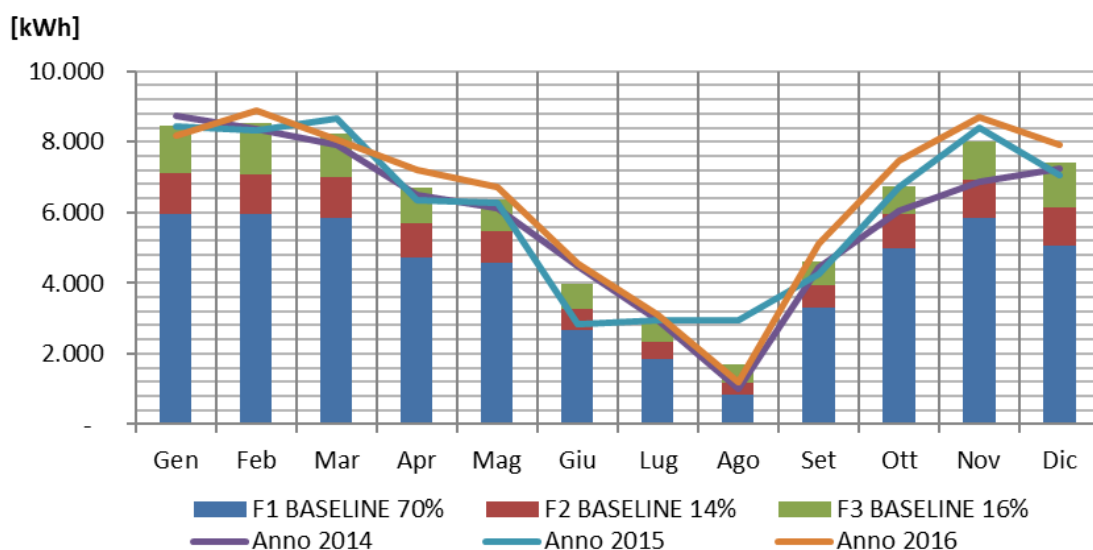
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.952	1.173	1.332	8.457
Febbraio	5.942	1.149	1.441	8.532
Marzo	5.851	1.167	1.205	8.223
Aprile	4.713	978	998	6.688
Maggio	4.571	903	908	6.383
Giugno	2.650	603	713	3.966
Luglio	1.847	494	647	2.988
Agosto	830	328	546	1.704
Settembre	3.286	653	669	4.608
Ottobre	4.971	968	813	6.752
Novembre	5.840	1.084	1.070	7.994
Dicembre	5.061	1.078	1.266	7.404
Totale	51.514	10.577	11.608	73.699

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

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



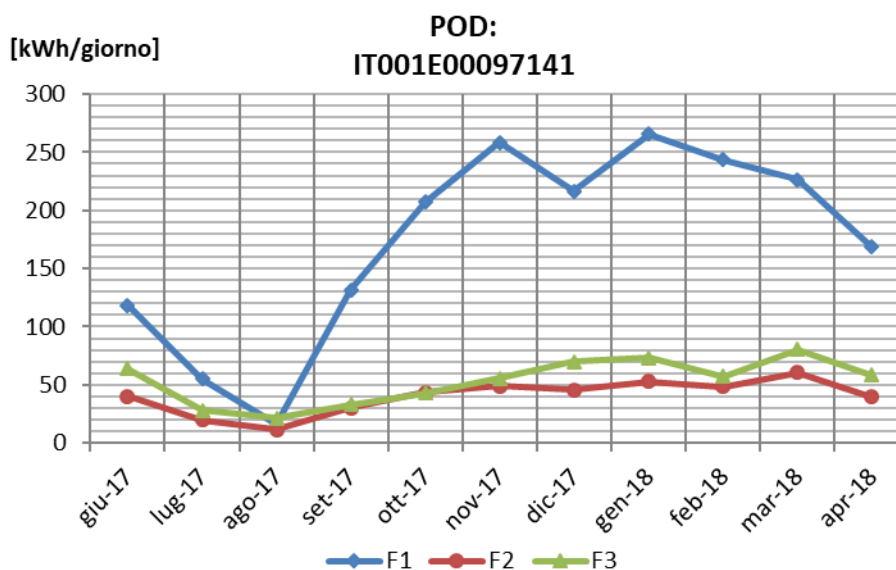
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti sinusoidali, per il maggior utilizzo da Settembre a Maggio compresi rispetto ai mesi estivi, con il picco di utilizzo tra Gennaio e Febbraio. Nel mese di Agosto è stato rilevato un consumo visto l’utilizzo dell’edificio per attività estive.

È stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri medi dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell’energia elettrica, la quale rende disponibili le letture dei prelievi di energia elettrica nell’ultimo giorno del mese suddivise per fascia.

Si è pertanto analizzato il profilo giornaliero medio di ogni mese sulla base dei giorni di utilizzo, ad eccezione del mese di Maggio perché al momento di realizzazione della diagnosi sono risultate disponibili le letture dal 31 Maggio 2017 al 30 Aprile 2018.

L’andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.4.

Figura 5.4 – Profilo giornaliero medio dei consumi elettrici per il POD IT001E00097141



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento molto variabile dei consumi soprattutto per la fascia F1 con una diminuzione netta dei consumi giornalieri verso l’estate e un picco di utilizzo nei mesi di Novembre e Gennaio; mentre i consumi in fascia F2 e fascia F3 hanno un leggero aumento nei mesi invernali e primaverili.

Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche di utilizzo dell’edificio e delle utenze rilevate in sede di sopralluogo.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

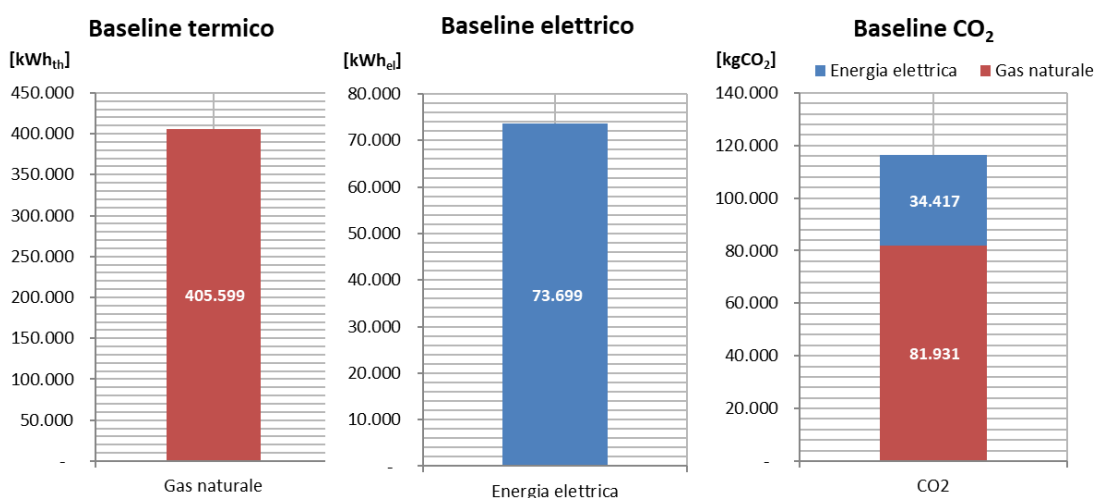
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	tCO ₂ /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.5.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	73.699	* 0,467	34,42
Gas naturale	405.599	* 0,202	81,93

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

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

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

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	5.042,56	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	5.083,90	m ²
FATTORE 3	Volume lordo riscaldato	22.113,33	m ³

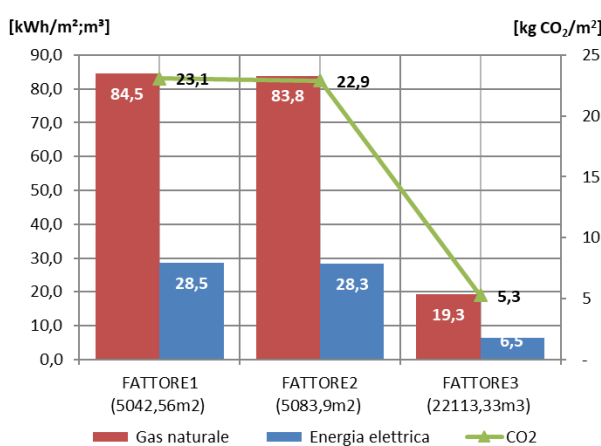
Nella Tabella 5.13 e nella tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

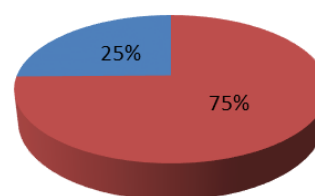
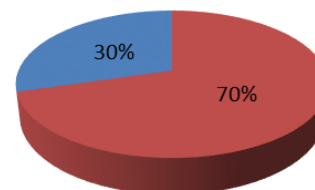
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	73.699	2,42	178.351	35,37	35,08	8,07	6,83	6,77	1,56
Gas naturale	405.599	1,05	425.878	84,46	83,77	19,26	16,25	16,12	3,71
TOTALE	479.297	3,47	604.229	119,83	118,85	27,32	23,07	22,89	5,26

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	73.699	1,95	143.712	28,50	28,27	6,50	6,83	6,77	1,56
Gas naturale	405.599	1,05	425.878	84,46	83,77	19,26	16,25	16,12	3,71
TOTALE	479.297	3,00	569.591	112,96	112,04	25,76	23,07	22,89	5,26

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

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

■ 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 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	13,39	13,90	13,19	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	13,91	14,41	15,17

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA – FIRE.

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

Wh_t / m³ 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

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



L’analisi del confronto con le linee guida ENEA – FIRE è riportato nell’Allegato M – Report di Benchmark.

Dal confronto con le linee guida ENEA - FIRE si deduce che la classe di merito dei consumi specifici per il riscaldamento è buona per tutto il triennio per l’asilo nido e la scuola materna, mentre è sufficiente per la scuola elementare. Per quanto riguarda il consumo specifico per l’energia elettrica la classe di merito è sufficiente per tutto il triennio, mentre è costantemente insufficiente a livello di scuola elementare.

Da questa analisi emerge che i consumi di metano sono già relativamente bassi con un trend che rimane pressochè costante nell’arco del triennio, mentre sono aumentati sensibilmente i consumi elettrici con tendenza al peggioramento della classe di merito.

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 e UNI-TS 11300-4:2016.

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	173,4	179,6
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	148,9	149,5
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	2,5	2,8
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0,0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	21,5	26,7
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,5	0,6
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	34,6	34,6

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
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	711.238	746.800
Energia Elettrica	66.108	128.911

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

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

Dove:

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

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

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

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

Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando le informazioni avute a disposizione sull’utilizzo dell’edificio e sui sistemi di produzione dell’energia termica ed elettrica presenti al suo interno e i dati rilevati durante il sopralluogo.

Nella Tabella 6.6 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	109,5	104,5
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	85,4	84,9
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	2,0	1,8
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale ⁽¹⁾	EP_L	kWh/mq anno	21,5	17,3

Trasporto di persone e cose ⁽¹⁾	EP _T	kWh/mq anno	0,6	0,5
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	23,2	23,2

Nota (1): Gli indicatori EP_L e EP_T riguardano solo una parte dei consumi elettrici complessivi dell’edificio, i quali sono dati anche dall’energia elettrica usata per il servizio di riscaldamento, per la produzione di acqua calda sanitaria e per il funzionamento delle altre utenze elettriche installate.

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	47.707	403.665
Energia Elettrica	-	77.788

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (Q_{baseline}) così come definito al precedente capitolo 0 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]	[%]
403.665	405.599	0,5%

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

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 0 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]	[%]
77.211	73.699	4,5%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

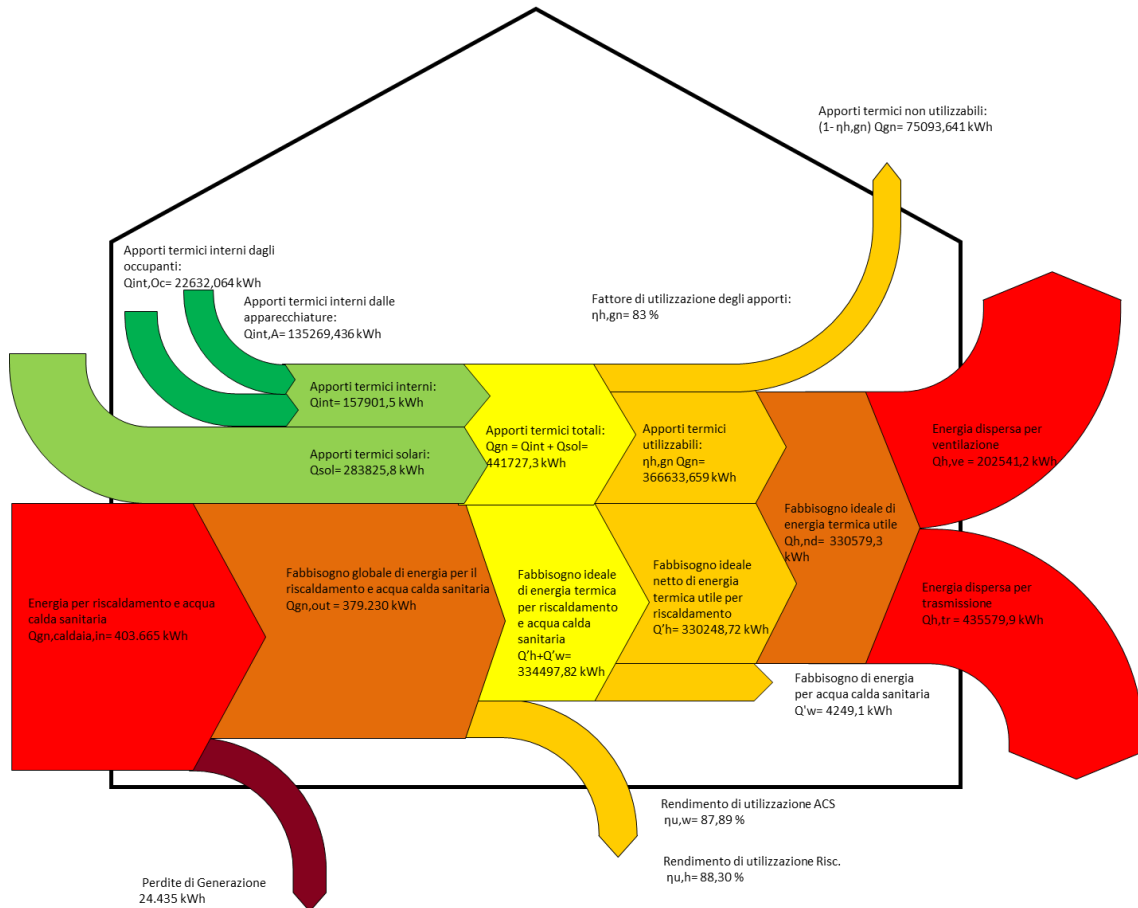
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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 valori rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate e/o climatizzate.

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

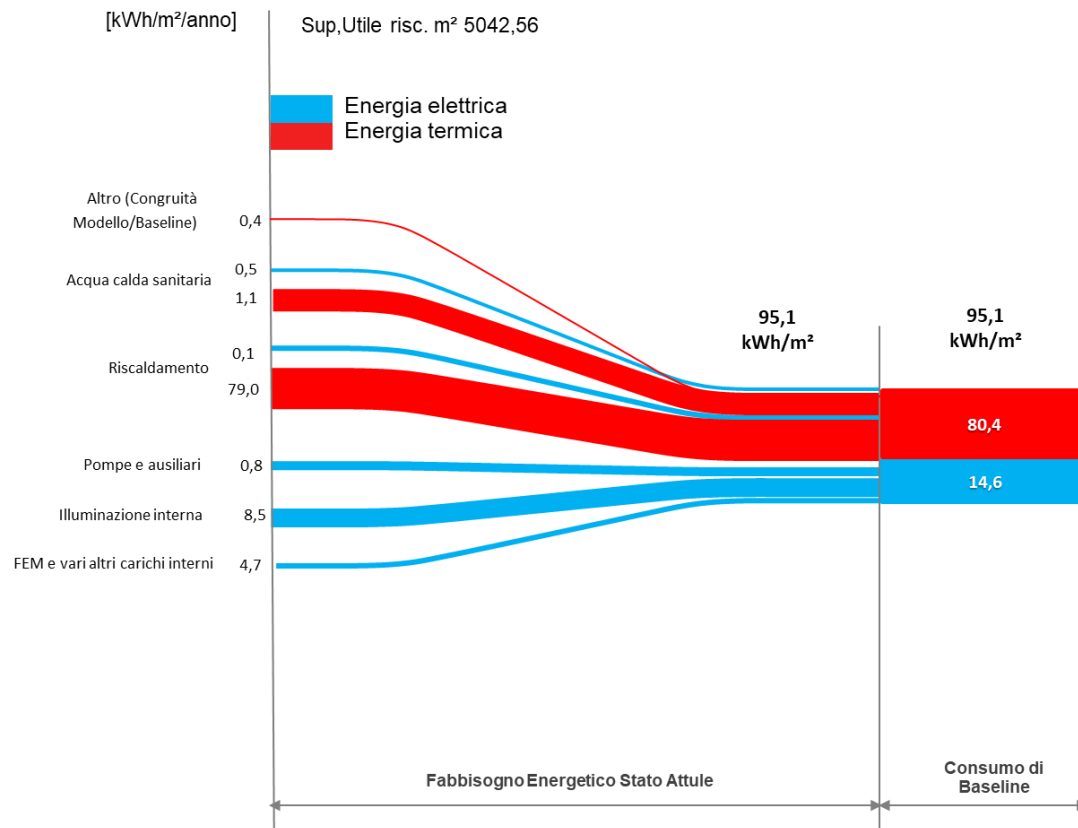
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



L'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio riguarda solo il riscaldamento ed è possibile notare che l'edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è dell'83% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è pari a 88%.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio



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 – Congruit ”   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.

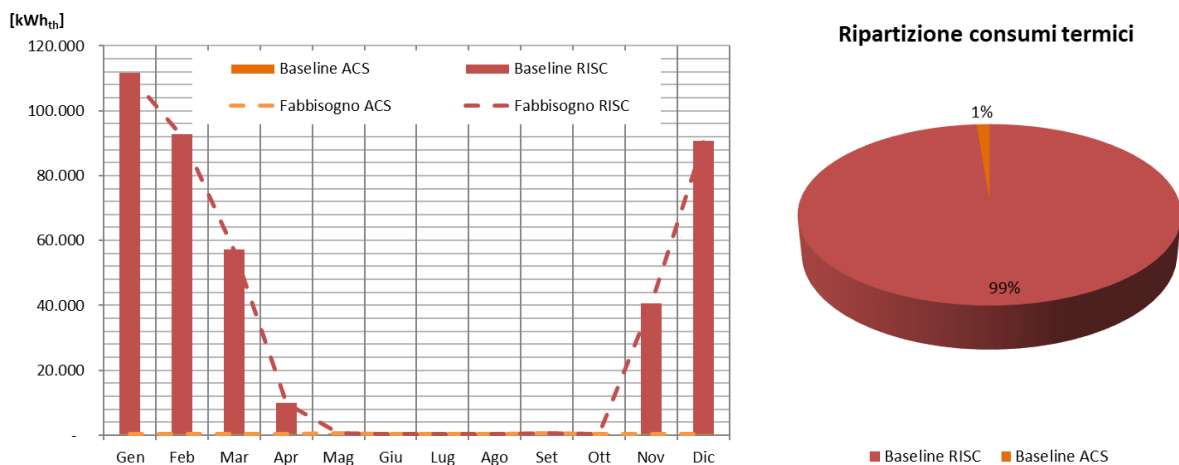
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  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   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 che la maggior parte dei consumi termici siano da attribuirsi all’utilizzo per il riscaldamento dei locali.

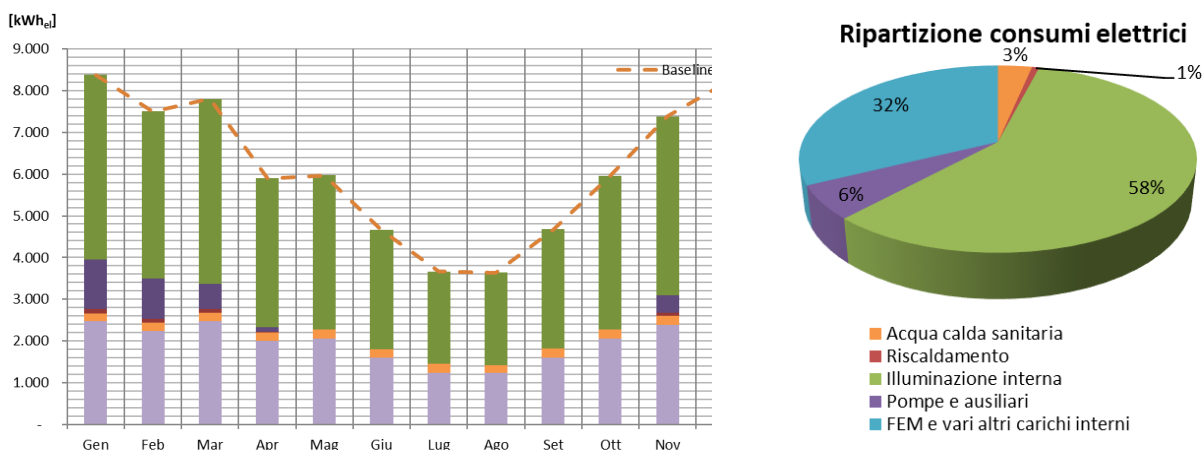
Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andranno a migliorare anche i componenti per la climatizzazione invernale dell’edificio.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’utilizzo per l’illuminazione dei locali e alle utenze elettriche installate all’interno dell’edificio.

Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andrà a migliorare l’impianto di illuminazione o a ridurre i consumi elettrici installando un impianto fotovoltaico.

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.

Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270049875012: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un’analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;
- PDR 2 – 03270000998858: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- PDR 3 – 03270000998959: stesso contratto di fornitura del solo vettore energetico del PDR2, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura

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

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

PDR: 03270000998858 e 03270000998959	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Piazza Stanislao Solari 2, 16143 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Non disponibile	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura : fino a Marzo 2015: (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016: (3)	Non disponibile	(1): Iren Mercato spa (2): Eni spa	(2): Eni spa (3): Energetic spa
Inizio periodo fornitura	Non disponibile	(1): 08/10/1973 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/04/2016
Fine periodo fornitura	Non disponibile	(1): 31/03/2015	(2): 31/03/2016
Classe del contatore	Non disponibile	(1): G006 (2): G004	(2): G004 (3): non disponibile
Tipologia di contratto	Non disponibile	(1): Punto di riconsegna per servizio pubblico (2): utenze con attività di servizio pubblico	(2): utenze con attività di servizio pubblico (3): punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	Non disponibile	1,023328	(2): 1,023328 (3): 1,017488
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	Non disponibile	(1): 38,19 MJ/Sm ³ (2): 38,19 MJ/Sm ³	(2): 38,19 MJ/Sm ³ (3): 38,97 MJ/Sm ³
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	Non disponibile	(1): 0,48 €/Sm ³ (2): 0,31 €/Sm ³	(2): 0,27 €/Sm ³ (3): 0,21 €/Sm ³

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. Il costo di fornitura relativo al contratto con Energetic spa è riportato senza iva in quanto soggetto sia ad aliquota agevolata sia ad aliquota ordinaria.

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

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

PDR: 03270000998858	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	-	3,0	1,0	-	0,9	4,8	-	-
Feb - 15	-	2,7	1,0	1,0	1,0	5,7	-	-
Mar - 15	-	3,0	1,0	2,0	1,3	7,2	-	-
Apr - 15	-	3,9	-	-	0,8	4,7	-	-
Mag - 15	-	3,9	-	-	0,8	4,7	-	-
Giu - 15	-	3,9	-	-	0,8	4,7	-	-
Lug - 15	-	3,9	-	-	0,8	4,7	-	-
Ago - 15	-	3,9	-	-	0,8	4,7	-	-
Set - 15	-	3,9	-	-	0,8	4,7	-	-
Ott - 15	-	3,9	-	-	0,8	4,7	-	-
Nov - 15	-	3,9	-	-	0,8	4,7	-	-
Dic - 15	-	3,9	-	-	0,8	4,7	-	-
Totale	-	43,2	2,9	3,0	10,8	60,0	-	-
PDR: 03270000998858	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	-	3,5	-	-	0,8	4,3	-	-
Feb - 16	-	3,5	-	-	0,8	4,3	-	-
Mar - 16	-	3,5	-	-	0,8	4,3	-	-
Apr - 16	-	2,6	-	-	0,6	3,1	-	-
Mag - 16	-	2,6	-	-	0,6	3,1	-	-
Giu - 16	-	2,6	-	-	0,6	3,1	-	-
Lug - 16	-	2,6	-	-	0,6	3,1	-	-
Ago - 16	-	2,6	-	-	0,6	3,1	-	-
Set - 16	-	2,6	-	-	0,6	3,1	-	-
Ott - 16	-	2,6	-	-	0,6	3,1	-	-
Nov - 16	-	2,6	-	-	0,6	3,1	-	-
Dic - 16	-	2,6	-	-	0,6	3,1	-	-
Totale	-	33,7	-	-	7,4	41,1	-	-
PDR: 03270036828526	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	1.040	11	389	486	381	2.308	7.390	0,099

Feb - 15							8.168	
Mar - 15							7.779	
Apr - 15	155	4	66	116	75	416	5.228	0,080
Mag - 15	42	4	18	32	21	117	1.422	0,083
Giu - 15	41	4	18	31	21	115	1.394	0,082
Lug - 15	41	4	18	32	21	116	1.432	0,081
Ago - 15	40	4	18	32	21	115	1.422	0,081
Set - 15	91	4	76	72	53	296	3.203	0,093
Ott - 15	145	4	66	116	73	404	5.181	0,078
Nov - 15	140	4	64	112	70	391	5.002	0,078
Dic - 15	205	4	141	269	136	754	7.310	0,103
Totale	1.941	46	874	1.299	872	5.032	54.933	0,092
PDR: 03270036828526	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	226	4	282	166	149	828	8.657	0,096
Feb - 16	246	4	247	196	152	845	9.411	0,090
Mar - 16	240	4	241	191	149	824	9.175	0,090
Apr - 16	51	3	31	55	31	170	2.430	0,070
Mag - 16	78	3	50	84	47	261	3.749	0,070
Giu - 16	45	3	28	49	27	152	2.167	0,070
Lug - 16	18	3	8	18	10	57	810	0,070
Ago - 16	18	3	11	19	11	61	829	0,074
Set - 16	19	3	12	20	12	66	895	0,073
Ott - 16	104	3	53	97	56	312	4.324	0,072
Nov - 16	186	3	71	175	96	530	7.790	0,068
Dic - 16	216	3	92	204	113	627	9.053	0,069
Totale	1.445	34	1.127	1.273	853	4.732	59.289	0,080

Per il 2014 è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall’ Autorità per l’energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

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

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l’andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento.

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

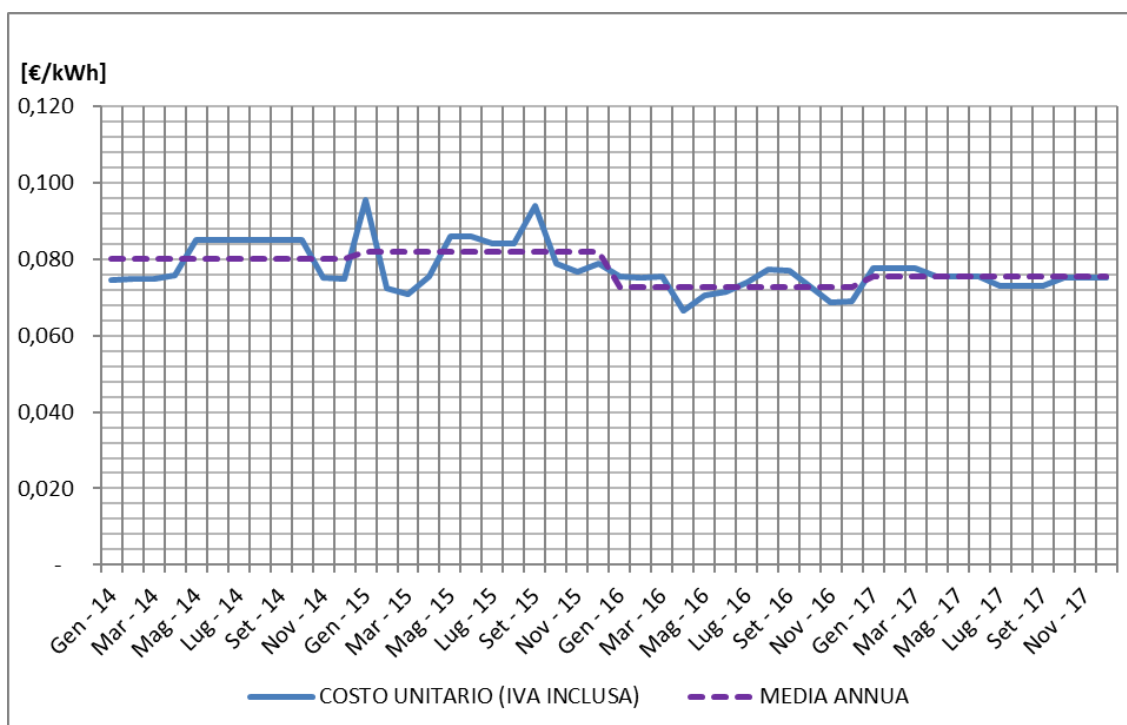
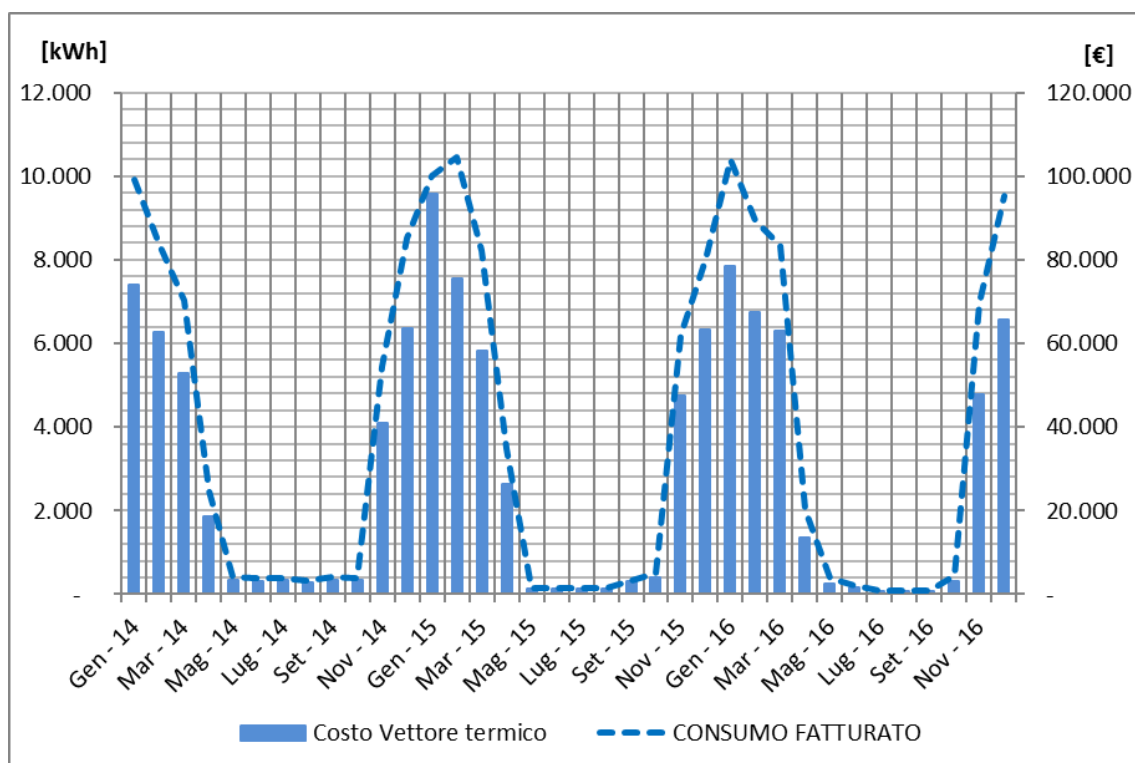


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi sinusoidale con valori praticamente nulli durante il periodo di non funzionamento del riscaldamento; nei mesi estivi del 2016 il costo unitario si innalza molto per la forte incidenza dei costi fissi rispetto ad un consumo molto basso.

Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto per i due POD presenti all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097141: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura. Questo POD risulta a servizio dell’asilo nido e della scuola materna.
- POD 2 – IT001E00097140: stesso contratto di fornitura del vettore energetico del POD1, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura. Questo POD risulta a servizio della scuola elementare.

Nella Tabella 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00097141	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Piazza Stanislao Solari 2, 16143 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura: fino a Marzo 2015 (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016 (3)	Edison Energia spa	(1): Edison Energia spa (2): Gala spa	(2): Gala spa (3): Iren Mercato spa
Inizio periodo fornitura	01/01/2013	(1): 01/01/2014 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/01/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	(1): 31/03/2015 (2): 31/03/2016	(2): 31/03/2016
Potenza elettrica impegnata	39 kW	39 kW	39 kW
Potenza elettrica disponibile	39 kW	39 kW	39 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	(1): Forniture in BT (escluso IP) (2): CONSIP EE12 – Lotto 2	(2): Forniture in BT (escluso IP) (3): CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Prezzi del fornitura dell’energia elettrica (IVA INCLUSA) ⁽²⁾	0,076	(1): 0,076 (2): 0,043	(2): 0,045 (3): 0,049

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.

POD: IT001E00097140	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Piazza Stanislao Solari 3, 16143 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura: fino a Marzo 2015 (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016 (3)	Edison Energia spa	(1): Edison Energia spa (2): Gala spa	(2): Gala spa (3): Iren Mercato spa
Inizio periodo fornitura	01/01/2013	(1): 01/01/2014 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/01/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	(1): 31/03/2015 (2): 31/03/2016	(2): 31/03/2016
Potenza elettrica impegnata	25 kW	25 kW	25 kW
Potenza elettrica disponibile	25 kW	25 kW	25 kW

Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	(1): Forniture in BT (escluso IP) (2): CONSIP EE12 – Lotto 2	(2): Forniture in BT (escluso IP) (3): CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Prezzi del forniture dell'energia elettrica (IVA INCLUSA) ⁽²⁾	0,078	(1): 0,078 (2): 0,043	(2): 0,045 (3): 0,049

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

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

POD: IT001E00097141	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	557	92	712	89	145	1.595	7.132	0,224
Feb – 14	513	88	668	85	135	1.489	6.788	0,219
Mar – 14	499	84	631	80	129	1.424	6.367	0,224
Apr – 14	402	87	540	64	109	1.203	5.082	0,237
Mag – 14	367	81	478	59	98	1.082	4.686	0,231
Giu – 14	261	58	363	42	72	797	3.358	0,237
Lug – 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	387	1.669	0,232
Ago – 14	47	11	71	8	14	150	664	0,226
Set – 14	241	49	349	39	68	746	3.092	0,241
Ott – 14	354	66	489	56	97	1.063	4.517	0,235
Nov – 14	420	80	609	68	118	1.295	5.451	0,238
Dic – 14	441	86	652	74	125	1.378	5.891	0,234
Totale	4.488	784	5.563	663	1.111	12.609	54.697	0,231
POD: IT001E00097141	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	503	93	716	88	140	1.539	7.012	0,220
Feb – 15	474	91	695	86	135	1.482	6.901	0,215
Mar – 15	477	96	722	91	138	1.523	7.262	0,210
Apr – 15	230	63	521	64	88	966	5.105	0,189
Mag – 15	216	62	504	62	84	929	4.998	0,186
Giu – 15	87	25	185	26	32	356	2.045	0,174
Lug – 15	86	23	195	26	33	363	2.112	0,172
Ago – 15	72	23	195	26	32	349	2.112	0,165
Set – 15	115	35	375	40	57	622	3.228	0,193
Ott – 15	179	47	556	66	85	932	5.267	0,177
Nov – 15	241	61	719	87	111	1.219	6.939	0,176
Dic – 15	402	52	640	73	117	1.284	5.849	0,219
Totale	3.080	672	6.026	735	1.051	11.564	58.830	0,197
POD: IT001E00097141	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	391	76	639	84	119	1.309	6.693	0,196
Feb – 16	325	83	680	91	118	1.298	7.294	0,178
Mar – 16	271	75	628	83	106	1.163	6.604	0,176
Apr – 16	215	94	555	73	94	1.031	5.825	0,177



POD: IT001E00097141	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Mag – 16	212	84	511	65	87	960	5.203	0,184
Giu – 16	147	54	342	42	59	644	3.349	0,192
Lug – 16	105	43	212	26	39	425	2.061	0,206
Ago – 16	35	17	93	10	16	172	829	0,208
Set – 16	205	83	396	49	73	806	3.930	0,205
Ott – 16	404	95	597	77	117	1.290	6.145	0,210
Nov – 16	532	115	689	90	143	1.570	7.233	0,217
Dic – 16	458	105	644	83	129	1.419	6.679	0,212
Totale	3.302	924	5.988	773	1.099	12.086	61.845	0,195

POD IT001E00097140	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	128	21	184	20	35	388	1.607	0,242
Feb – 14	126	20	174	20	34	374	1.571	0,238
Mar – 14	124	21	175	19	34	373	1.559	0,239
Apr – 14	112	24	166	18	32	351	1.415	0,248
Mag – 14	114	25	164	18	32	353	1.449	0,244
Giu – 14	89	20	133	14	26	281	1.137	0,247
Lug – 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	323	1.280	0,252
Ago – 14	23	5	45	4	8	86	333	0,258
Set – 14	106	22	160	17	30	335	1.354	0,248
Ott – 14	121	23	178	19	34	375	1.546	0,242
Nov – 14	108	21	168	18	31	345	1.405	0,246
Dic – 14	100	20	168	17	30	334	1.340	0,250
Totale	1.473	221	1.714	184	327	3.919	15.996	0,245

POD IT001E00097140	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	105	19	166	18	31	339	1.447	0,234
Feb – 15	100	19	165	18	30	332	1.438	0,231
Mar – 15	92	18	161	17	29	319	1.397	0,228
Apr – 15	57	16	154	16	24	266	1.261	0,211
Mag – 15	55	16	150	16	24	261	1.280	0,204
Giu – 15	33	10	88	10	14	155	795	0,195
Lug – 15	33	9	91	10	14	158	821	0,192
Ago – 15	31	9	91	10	14	156	821	0,190
Set – 15	37	11	164	13	23	249	1.043	0,238
Ott – 15	50	13	202	18	28	311	1.445	0,215
Nov – 15	51	12	180	18	26	288	1.479	0,194
Dic – 15	82	11	158	15	27	293	1.201	0,244
Totale	727	163	1.771	180	284	3.125	14.428	0,217

POD IT001E00097140	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	87	17	163	19	29	315	1.480	0,213
Feb – 16	72	18	176	20	29	315	1.603	0,196
Mar – 16	61	17	166	18	26	289	1.479	0,195
Apr – 16	51	22	186	17	28	304	1.377	0,221
Mag – 16	62	25	198	19	30	335	1.532	0,219

POD IT001E00097140	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Giu - 16	53	20	174	15	26	288	1.215	0,237
Lug - 16	53	21	158	13	25	270	1.021	0,265
Ago - 16	15	7	105	4	13	145	352	0,411
Set - 16	62	25	171	15	27	300	1.178	0,254
Ott - 16	88	21	184	17	31	340	1.335	0,255
Nov - 16	109	23	195	18	35	381	1.475	0,258
Dic - 16	87	20	177	16	30	330	1.253	0,263
Totale	802	236	2.054	191	328	3.611	15.300	0,236

Nel grafico in Figura 7.3 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 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

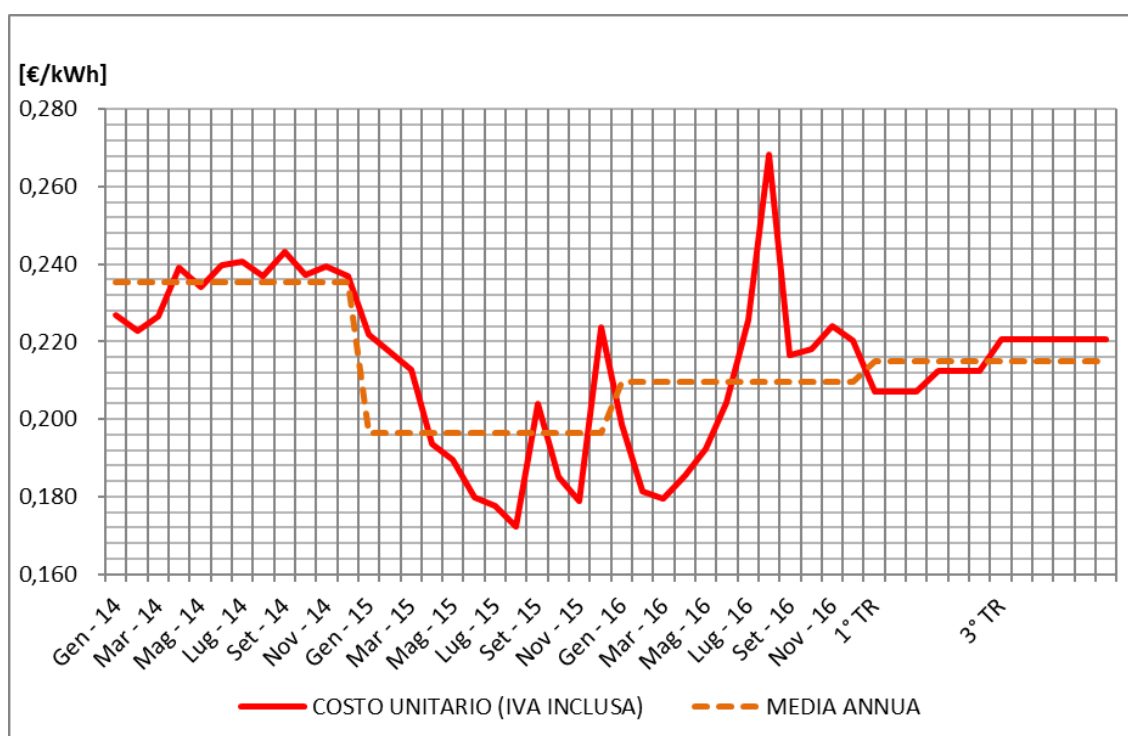
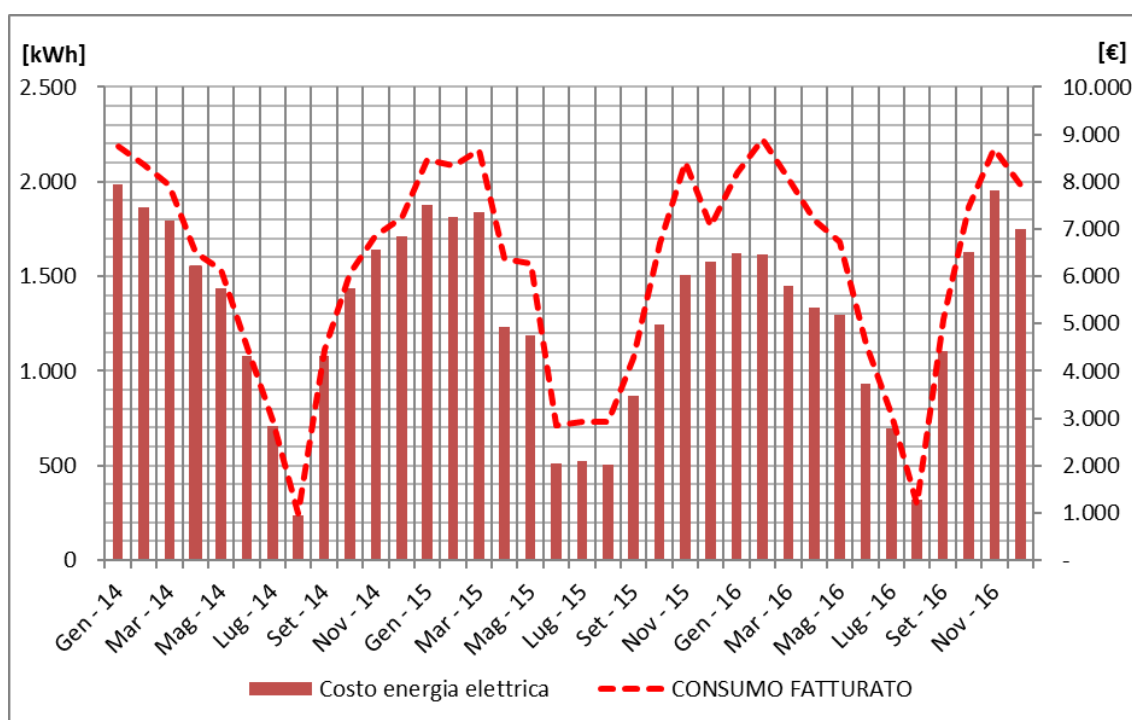


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi sinusoidale con valori molto bassi durante il periodo estivo; anche il costo unitario presenta un andamento sinusoidale con valori più alti nel 2014 rispetto agli anni successivi tranne un picco nei mesi estivi del 2016.

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 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	440.743	33.238,47	0,075	70.693	16.527,51	0,23	49.765,98
2015	477.288	37.760,63	0,079	73.258	14.689,08	0,20	52.449,72
2016	474.900	34.462,80	0,073	77.145	15.696,90	0,20	50.159,70
Media	464.310	35.153,97	0,076	73.699	15.637,83	0,21	50.791,80

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,077 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,214 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-031: 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.

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 7.7.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 13.975,04	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 3.714,88	[€/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:

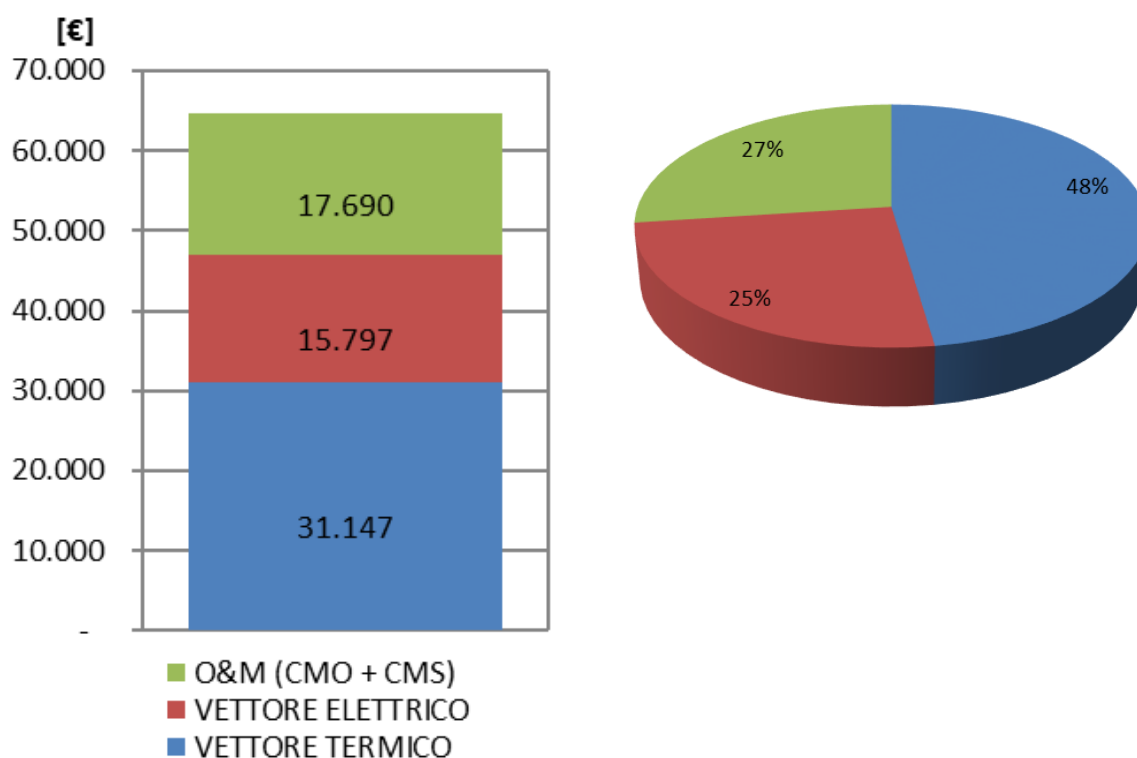
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 46.944,11 € e un $C_{baseline}$ pari a 64.634,04 €

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
405.599	0,077	31.147	73.699	0,214	15.797	17.690	13.975	3.715	64.634

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

Generalità

La misura prevede l’isolamento delle pareti esterne. Limitazioni a tale intervento potrebbero essere l’interruzione dell’attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno, e la presenza dei terminali di emissione (radiatori) e mobili disposti perimetralmente.

L’applicazione di un “cappotto” alle pareti esterne, porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.1 - Particolare di una parete esterna



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull’involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l’involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali è pari a $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$. Attualmente la muratura in mattoni semi-pieni, di spessore variabile compreso tra 40 cm e 20 cm, ha un valore di trasmittanza medio stimato a ca. $1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$. L'intervento prevede l'applicazione di pannelli di lana di roccia (EPS, $\lambda=0,037 \text{ W/mK}$). Lo spessore scelto consente al pacchetto murario di raggiungere una trasmittanza medio di $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

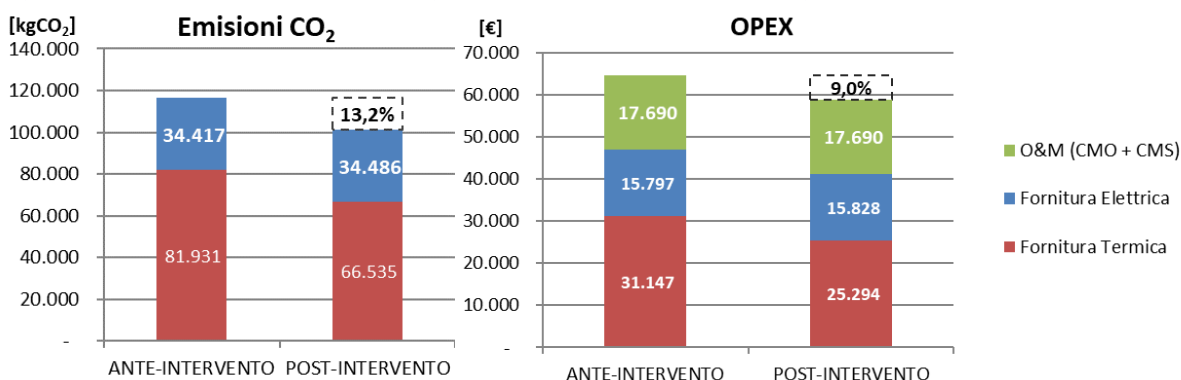
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Tramisttanza parete	W/mK	1,5	0,26	82,7%
Q_{teorico}	kWh	403.665	327.812	18,8%
EE_{teorico}	kWh	77.211	77.364	-0,2%
Q_{baseline}	kWh	405.599	329.382	18,8%
EE_{Baseline}	kWh	73.699	73.845	-0,2%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	81.931	66.535	18,8%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	34.417	34.486	-0,2%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	116.348	101.021	13,2%
Fornitura Termica, C _Q	€	31.147	25.294	18,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	15.797	15.828	-0,2%
Fornitura Energia, C_E	€	46.944	41.122	12,4%
C _{MO}	€	13.975	13.975	0,0%
C _{MS}	€	3.715	3.715	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	17.690	17.690	0,0%
OPEX	€	64.634	58.812	9,0%
Classe energetica	-	E	D	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

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



EEM2: Isolamento della copertura

Generalità

La misura prevede l'isolamento copertura piana. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

L'isolamento della copertura porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.3 - Particolare della copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti

prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l’involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali (coperture) è pari a 0,22 W/m²K. Attualmente la copertura è calpestabile ed è costituita principalmente da blocchi di laterizio più calcestruzzo e materiale impermeabile; questa copertura si estende su quasi tutto l’ultimo piano tranne sul vano scale vicino a corso Galileo Galilei, su cui la copertura è di legno. Si esclude di isolare la copertura sulla centrale termica e sul vano scale a fianco non scaldato. La copertura piana ha uno spessore di 30 cm con un valore di trasmittanza stimato a ca. 1,42 W/m²K. L’intervento per l’isolamento della copertura piana prevede l’applicazione di pannelli di lana di roccia ($\lambda=0,037$ W/mK). Lo spessore scelto consente al pacchetto murario di raggiungere una trasmittanza medio di 0,20 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

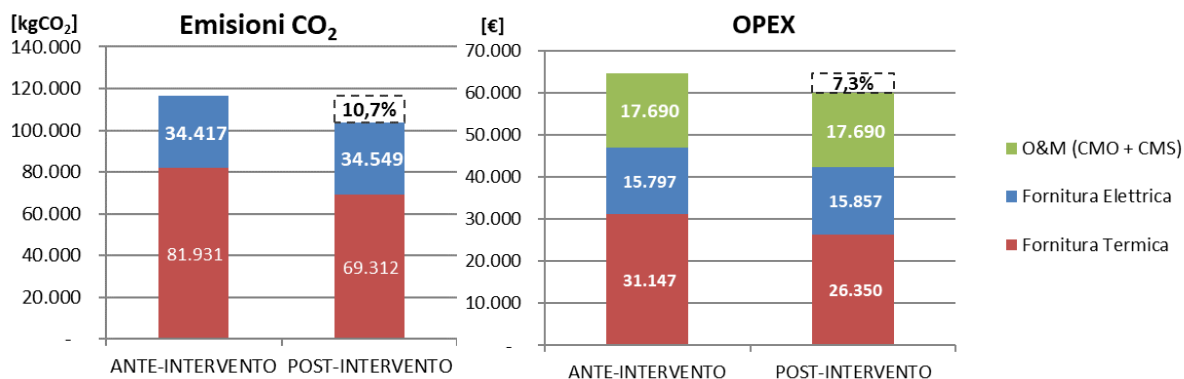
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM2 sono riportati nella tabella 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento della copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza parete	W/mK	1,42	0,22	84,5%
Q _{teorico}	kWh	403.665	341.495	15,4%
EE _{teorico}	kWh	77.211	77.506	-0,4%
Q _{baseline}	kWh	405.599	343.131	15,4%
EE _{Baseline}	kWh	73.699	73.981	-0,4%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	81.931	69.312	15,4%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	34.417	34.549	-0,4%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	116.348	103.861	10,7%
Fornitura Termica, C _Q	€	31.147	26.350	15,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	15.797	15.857	-0,4%
Fornitura Energia, C_E	€	46.944	42.207	10,1%
C _{MO}	€	13.975	13.975	0,0%
C _{MS}	€	3.715	3.715	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	17.690	17.690	0,0%
OPEX	€	64.634	59.897	7,3%
Classe energetica	-	E	D	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

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

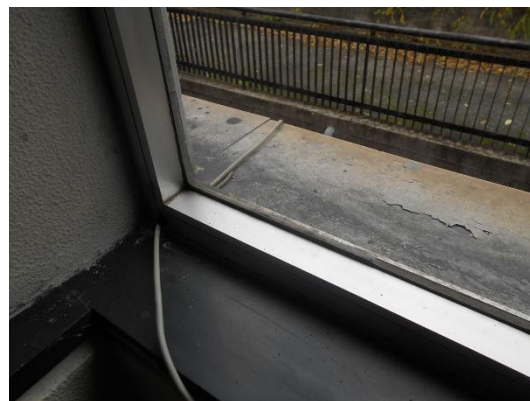
EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi con telaio in metallo senza taglio termico e vetro singolo. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

La sostituzione degli infissi porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni. Si prevede anche l'installazione delle valvole termostatiche nelle zone termiche in cui non sono già presenti per ottenere gli incentivi previsti dal conto termico.

Figura 8.5 - Particolare di un infisso



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti è pari a 1,67 W/m²K. Attualmente gli infissi da sostituire sono in metallo sia vetro doppi 4-16-4 sia con vetro singolo. Sono presenti anche porte finestre in metallo e vetro singolo.

Si esclude di isolare gli infissi di locali non riscaldati. Gli infissi da sostituire hanno una trasmittanza media stimata pari a ca. 5,70 W/m²K. La nuova tipologia di serramento esterno consente di raggiungere una trasmittanza media di 1,30 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella tabella 8.3.

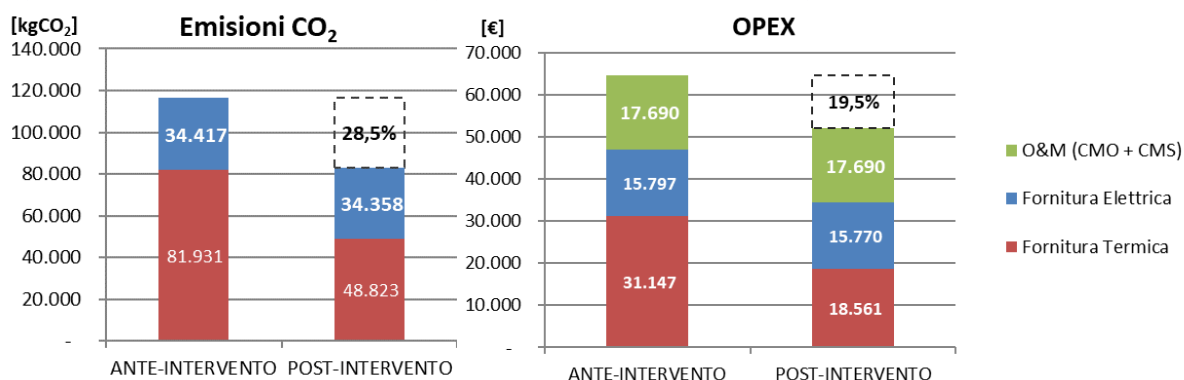
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media infissi	W/mK	5,7	1,3	77,2%
Q _{teorico}	kWh	403.665	240.545	40,4%
EE _{teorico}	kWh	77.211	77.078	0,2%
Q _{baseline}	kWh	405.599	241.698	40,4%
EE _{Baseline}	kWh	73.699	73.572	0,2%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	81.931	48.823	40,4%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	34.417	34.358	0,2%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	116.348	83.181	28,5%
Fornitura Termica, C _Q	€	31.147	18.561	40,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	15.797	15.770	0,2%
Fornitura Energia, C_E	€	46.944	34.330	26,9%
C _{MO}	€	13.975	13.975	0,0%
C _{MS}	€	3.715	3.715	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	17.690	17.690	0,0%
OPEX	€	64.634	52.020	19,5%
Classe energetica	-	E	D	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

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



8.1.2 Impianto di riscaldamento

EEM4: Sostituzione del generatore di calore e installazione delle valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore di calore. Una limitazione a tale intervento è l'interruzione dell'attività scolastica nel periodo da Novembre ad Aprile.

La sostituzione delle caldaie e l'installazione di valvole termostatiche nelle zone termiche in cui non sono già installate porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.7 - Particolare dei generatori di calore



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'impianto di riscaldamento si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Attualmente l'impianto di generazione del calore per il riscaldamento è costituito da due caldaie standard a basamento usate con rendimento pari al 94% mentre l'impianto di regolazione è costituito da una centralina di controllo con dispositivo per la telegestione collegato ad una sonda climatica; il rendimento di regolazione è calcolato pari al 96% dove non sono già presenti le valvole termostatiche. i terminali di emissione nelle aule scolastiche e nei corridoi sono costituiti da radiatori senza valvole termostatiche.

Quindi l'attuale sistema non riesce infatti a sfruttare gli apporti gratuiti e genera una distribuzione non uniforme delle temperature interne, con un surriscaldamento degli ambienti esposti a sud e/o ai piani intermedi. L'installazione di valvole termostatiche consentirà un'ottimizzazione dell'impianto che immetterà il calore solo dove richiesto per il raggiungimento della temperatura di set point, con notevole risparmio in termini di energia, senza trascurare il maggior comfort degli utenti.

La nuova tipologia di impianto termico ha un rendimento termico utile pari al 98%, maggiore del limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere annualmente per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella tabella 8.4.

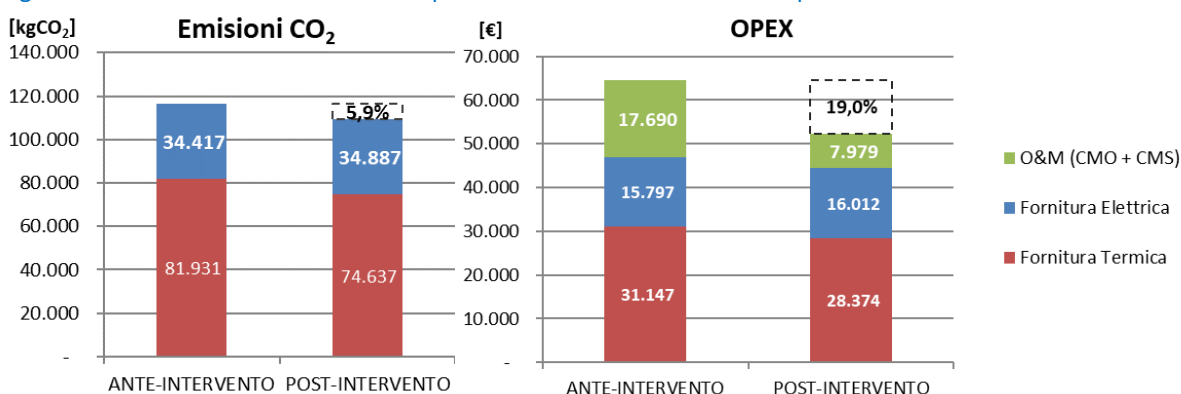
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
Rendimento generazione di calore	%	94	102	8,5%
$Q_{teorico}$	kWh	403.665	367.728	8,9%
$EE_{teorico}$	kWh	77.211	78.264	-1,4%
$Q_{baseline}$	kWh	405.599	369.490	8,9%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
EF _{Baseline}	kWh	73.699	74.704	-1,4%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	81.931	74.637	8,9%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	34.417	34.887	-1,4%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	116.348	109.524	5,9%
Fornitura Termica, C _Q	€	31.147	28.374	8,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	15.797	16.012	-1,4%
Fornitura Energia, C_E	€	46.944	44.386	5,4%
C _{MO}	€	13.975	6.304	54,9%
C _{MS}	€	3.715	1.676	54,9%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	17.690	7.979	54,9%
OPEX	€	64.634	52.366	19,0%
Classe energetica	-	E	E	+0 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 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei corpi illuminanti con plafoniere aventi lampade led. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

La sostituzione dei corpi illuminanti porta al risparmio di energia elettrica e ad un miglioramento delle condizioni di lavoro visto che la potenza da installare a seguito del relamping non sarà superiore al 50% della potenza sostituita, rispettando al contempo i criteri illuminotecnici previsti dalla normativa vigente.

Figura 8.9 - Particolare di due plafoniera a tubi fluorescenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'impianto di illuminazione si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Attualmente l'impianto di illuminazione è costituito principalmente lampade fluorescenti o da plafoniere con lampade a tubi fluorescenti; a queste si aggiungono fari a ioduri metallici nella palestra.

L'intervento propone di sostituire tutti i corpi illuminanti ad eccezione dei fari in palestra con lampade a led con indice di resa cromatica maggiore di 80 per l'illuminazione degli ambienti interni e maggiore di 60 per l'illuminazione delle pertinenze esterne ed efficienza luminosa maggiore di 80 lm/W.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere effettuata saltuariamente durante la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

L'analisi è stata effettuata scegliendo, per ogni tipologia di lampada sostituita, un valore idoneo di potenza LED, nel rispetto della normativa sui livelli minimi di illuminamento nei luoghi di lavoro (norma UNI EN 12464) e dei requisiti tecnici dettati dal Conto Termico.

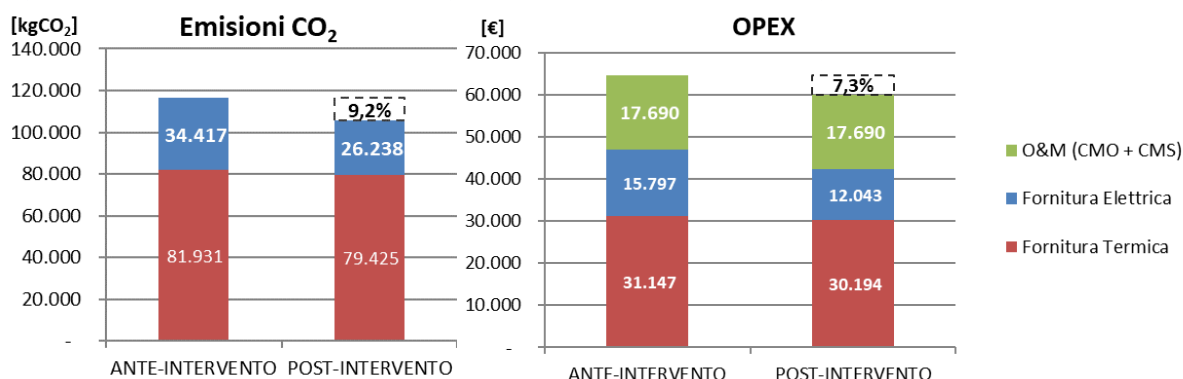
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella tabella 8.5.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza totale nuove plafoniere con lampade led	W	25.386	13.920	45,2%
$Q_{teorico}$	kWh	403.665	391.318	3,1%
$EE_{teorico}$	kWh	77.211	58.863	23,8%
$Q_{baseline}$	kWh	405.599	393.193	3,1%
$EE_{Baseline}$	kWh	73.699	56.185	23,8%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	81.931	79.425	3,1%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	34.417	26.238	23,8%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	116.348	105.663	9,2%
Fornitura Termica, C_Q	€	31.147	30.194	3,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	€	15.797	12.043	23,8%
Fornitura Energia, C_E	€	46.944	42.237	10,0%
C_{MO}	€	13.975	13.975	0,0%
C_{MS}	€	3.715	3.715	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	€	17.690	17.690	0,0%
OPEX	€	64.634	59.927	7,3%
Classe energetica	-	E	E	+0 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 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.10 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

Generalità

La misura prevede l’installazione dell’impianto sulla copertura piana dell’edificio scolastico, la quale occupa complessivamente una superficie di circa 1.300 m². Si prevede di sfruttare la tecnologia al silicio cristallino, con pannelli solari di inclinazione pari a 35°, orientamento a Sud ed una potenza di picco installata di 25 kWp. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l’interruzione dell’attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

L’installazione di un impianto fotovoltaico porta al risparmio di energia elettrica e ad ulteriori ricavi economici visto che l’energia elettrica prodotta in surplus potrà essere immessa in rete tramite il sistema dello scambio sul posto grazie alla vendita dell’energia non autoconsumata.

Figura 8.11 - Particolare della copertura dove installare l’impianto



Caratteristiche funzionali e tecniche

I consumi elettrici in fascia oraria F1 risultano di circa il 69% corrispondenti a 51.514 kWh/anno, con il sistema proposto verrebbe prodotta per la suddetta fascia una energia elettrica pari a 31.060 kWh/anno, di vengono autoconsumati sul posto circa 25.687 kWh/anno, in grado di coprire circa il 50% del consumo in F1. Si considera che l’energia elettrica autoconsumata non supera mai la richiesta da parte dell’utenza in fascia F1 per lo stesso mese esaminato.

La tematica andrà comunque approfondita tramite misurazioni, controlli e studi di fattibilità.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere effettuata durante la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

La stima dei risparmi energetici conseguibili è stata condotta in base alla producibilità mensile dell’impianto proposto.

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM6 sono riportati nella tabella 8.5.

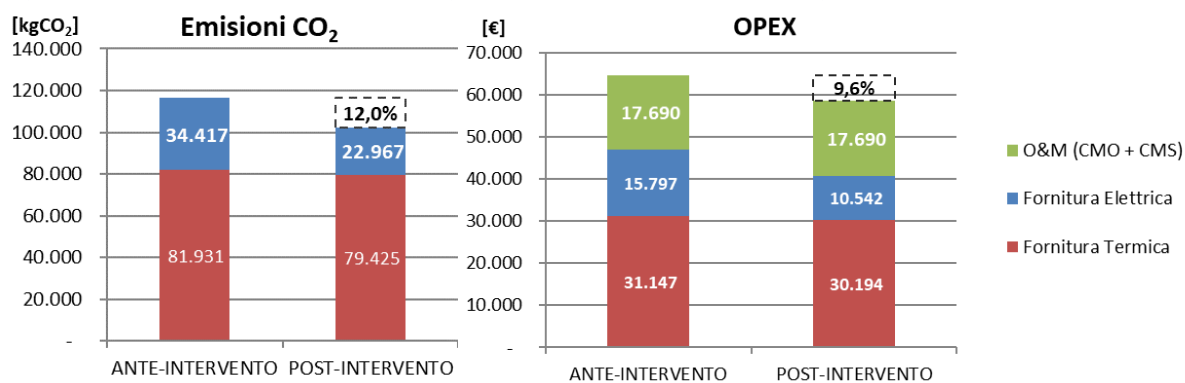
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

Mese	Consumo Energia elettrica fascia F1 (kWh)	Produzione energia elettrica con Impianto fotovoltaico (kWh)	Energia autoconsumata (kWh)	Copertura (%)
Gennaio	5.952	1.380	1.380	23%
Febbraio	5.942	1.950	1.950	33%
Marzo	5.851	2.780	2.780	48%
Aprile	4.713	2.980	2.980	63%
Maggio	4.571	3.400	3.400	74%
Giugno	2.650	3.470	2.650	100%
Luglio	1.847	3.750	1.847	100%
Agosto	830	3.480	830	100%
Settembre	3.286	2.960	2.960	90%
Ottobre	4.971	2.160	2.160	43%
Novembre	5.840	1.490	1.490	26%
Dicembre	5.061	1.260	1.260	25%
TOTALE	51.514	31.060	25.687	50%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
Potenza di picco dell'impianto fotovoltaico	W		25.000	100,0%
$Q_{teorico}$	kWh	403.665	391.318	3,1%
$EE_{teorico}$	kWh	77.211	51.524	33,3%
$Q_{baseline}$	kWh	405.599	393.193	3,1%
$EE_{baseline}$	kWh	73.699	49.180	33,3%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	81.931	79.425	3,1%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	34.417	22.967	33,3%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	116.348	102.392	12,0%
Fornitura Termica, C_Q	€	31.147	30.194	3,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	€	15.797	10.542	33,3%
Fornitura Energia, C_E	€	46.944	40.736	13,2%
C_{MO}	€	13.975	13.975	0,0%
C_{MS}	€	3.715	3.715	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	€	17.690	17.690	0,0%
OPEX	€	64.634	58.426	9,6%
Classe energetica	-	E	E	+0 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 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.12 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

Agendo sull’involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l’involucro in base alla zona termica.

Nella L’analisi dei costi è basata sull’applicazione di uno strato di isolante di 12 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 1 che consiste nell’isolamento delle pareti esterne.

L’analisi dei costi è basata sull’applicazione di uno strato di isolante di 12 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura materiale isolante	PR.A17.Y04.010	27.437,51	m ² cm	2,00	1,82	49.886,38	10.975,00	60.861,38
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A30.010	2.286,46	m ²	6,68	6,07	13.885,04	3.054,71	16.939,75
Malta premiscelata	PR.A02.A20.600	2.286,46	kg	0,82	0,75	1.704,45	374,98	2.079,43
Collante cementizio per murature	PR.A02.A25.010	1.143,23	kg	0,49	0,45	509,26	112,04	621,29
Ponteggio e cantiere	95.B10.S10.010	2.286,46	m ²	14,28	12,98	29.682,40	6.530,13	36.212,52
Preparazione muratura esterna	25.A05.E10.015	2.286,46	m ²	7,26	6,60	15.090,63	3.319,94	18.410,57
Posa in opera intonaco per esterni	25.A54.A30.010	2.286,46	m ²	4,81	4,37	9.998,06	2.199,57	12.197,64
Rasatura armata con interposta rete in fibra di vetro	25.A54.B40.010	2.286,46	m ²	23,79	21,63	49.449,87	10.878,97	60.328,84
Costi per la sicurezza		3	%			3.609,59	794,11	4.403,70
Costi per la progettazione		7	%			8.422,38	1.852,92	10.275,30
TOTALE (I₀)						182.238,06	40.092,37	222.330,43
Incentivi	[Conto termico]							88.932,17
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								17.786,43
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L’importo dell’incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell’intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 100 €/m ² .							

EEM2: Isolamento della copertura

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Nella tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2.

L'analisi dei costi tiene conto dell'applicazione di uno strato di isolante di 14 cm al fine garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento della copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura materiale isolante	PR.A17.Y04.010	26.346,92	m ² cm	2,00	1,82	47.903,49	10.538,77	58.442,26
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A50.010	1.881,92	m ²	6,68	6,07	11.428,41	2.514,25	13.942,65
Preparazione muratura	25.A05.C10.010	1.881,92	m ²	6,88	6,25	11.770,57	2.589,53	14.360,10
Posa in opera materiale impiermeabilizzante	03.P10.B01.005 ⁽¹⁾	1.881,92	m ²	15,35	13,95	26.261,38	5.777,50	32.038,88
Membrana elastoplastomerica	PR.A18.A25.030	1.881,92	m ²	5,67	5,15	9.700,46	2.134,10	11.834,56
Costi per la sicurezza		3	%			3.211,93	706,62	3.918,55
Costi per la progettazione		7	%			7.494,50	1.648,79	9.143,29
TOTALE (I₀)						117.770,74	25.909,56	143.680,30
Incentivi	[Conto termico]							57.472,12
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								11.494,42
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Regione Piemonte Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 200 €/m ² .							

EEM3: Sostituzione infissi

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Nella tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3.

La nuova tipologia di infissi con telaio in pvc a sei camere cave con vetro doppio 4-16-4 basso emissivo permette di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio vecchi serramenti	25.A05.H01.100	1.151,24	m ²	39,61	36,01	7.937,38	1.746,22	9.683,60
Fornitura serramenti	PR.A23.A30.010	1.151,24	m ²	328,90	299,00	65.907,67	14.499,69	80.407,36
Fornitura controtelaio	PR.A23.B10.020	135,72	m	7,59	6,90	409,77	90,15	499,92
Trasporto materiale	25.A15.C10.020	172,69	m ³	11,77	10,70	353,79	77,83	431,62
Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	68,00	cad	35,42	35,42	32,20	5.206,74	1.145,48
Costi per la sicurezza		3	%			12.113,49	2.664,97	14.778,46
Costi per la progettazione		7	%			28.264,82	6.218,26	34.483,08
TOTALE (I₀)						444.161,40	97.715,51	541.876,90
Incentivi	[Conto termico]							100.000,00
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								20.000,00
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. Siccome il costo complessivo dell'intervento supera i 450 €/m ² si valuta l'importo dell'incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie finestrata da sostituire per 450, ma dato che tale valore supera il limite massimo incentivabile, si considera l'importo dell'incentivo pari a 100.000 €.							

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

Agendo sull'impianto di riscaldamento si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Nelle Tabelle 9.4 e 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4.

Le nuove caldaie a condensazione e l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione caldaia esistente	CCIAA RE ⁽¹⁾	1	cad	4.067,25	3.697,50	3.697,50	813,45	4.510,95
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.010	1	cad	31.024,13	28.203,75	28.203,75	6.204,83	34.408,58
Canna fumaria	PR.C84.C05.500	1	cad	253,00	230,00	230,00	50,60	280,60
Installazione nuovo bruciatore	40.C10.B10.110	1	cad	461,09	419,17	419,17	92,22	511,39
Accessori per l'impianto	PR.C76.A30.020	15	cad	21,13	19,21	288,14	63,39	351,53
	PR.C76.A30.015	1	cad	28,46	25,87	25,87	5,69	31,56
	40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	24,12	133,76
	40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	5,94	32,95
Termoregolazione	PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	29,35	162,75
	PR.C74.E05.030	1	cad	76,47	69,52	69,52	15,29	84,81
Manodopera	RU.M01.A01.030	30	h	34,41	31,28	938,45	206,46	1.144,91
Impianti elettrici	RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	255,04	1.414,31
Trasporto materiali	20.A15.B10.015	100	m ³ km	4,72	4,29	429,09	94,40	523,49

Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	68	cad	35,42	32,20	2.189,60	481,71	2.671,31
Costi per la sicurezza		3	%			1.137,61	250,27	1.387,89
Costi per la progettazione		7	%			2.654,43	583,97	3.238,40
TOTALE (I₀)						41.712,46	9.176,74	50.889,20
Incentivi	[Conto termico]							20.355,68
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								4.071,14
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Camera di Commercio di Reggio Emilia. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al kWt di potenza utile complessiva dell'impianto termico non supera i 130 €/kWt.							

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Agendo sull'impianto di illuminazione si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Nella tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5.

Le nuove plafoniere con lampade led permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura e installazione lampade LED – 20 W	045161b ⁽²⁾	201	cad	98,61	89,65	18.018,74	3.964,12	21.982,86
Fornitura e installazione lampade LED – 36 W	043084g ⁽²⁾	218	cad	156,66	142,42	31.047,16	6.830,38	37.877,54
Rimozione vecchi corpi illuminanti	1E.17.010.0010 ⁽¹⁾	419	cad	5,73	5,21	2.182,61	480,17	2.662,78
Costi per la sicurezza		3	%			1.537,46	338,24	1.875,70
Costi per la progettazione		7	%			3.587,40	789,23	4.376,62
TOTALE (I₀)						56.373,36	12.402,14	68.775,50
Incentivi	[Conto termico]							27.510,20
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								5.502,04
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario Dei. Imp. Ele. 2017 Nota (2): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie utile calpestabile dell'edificio soggetta all'intervento non supera i 35 €/m ² .							

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

L'intervento proposto non rientra tra quelli elencati all'art.7 del DM 16/02/16 (Nuovo Conto Termico); quindi non esiste la possibilità di accedere a meccanismi incentivanti.

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura impianto fotovoltaico “Chiavi in mano”	1E.17.010.0010 ⁽¹⁾	25	kWp	2.236,65	2.033,32	50.832,95	11.183,25	62.016,20
Costi per la sicurezza		3	%			1.524,99	335,50	1.860,49
Costi per la progettazione		7	%			3.558,31	782,83	4.341,13
TOTALE (I₀)						55.916,25	12.301,58	68.217,83
Incentivi	[Conto termico]							-
Durata incentivi								-
Incentivo annuo								-
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzo delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO.							

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d’investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

- I_0 è il valore dell’investimento iniziale;

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

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

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Isolamento delle pareti esterne

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	222.330
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	17.786
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	33,3	18,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	52,3	32,6
Valore attuale netto	VAN	- 97.582	- 18.400
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,8%	2,9%
Indice di profitto	IP	-0,44	-0,08

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

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

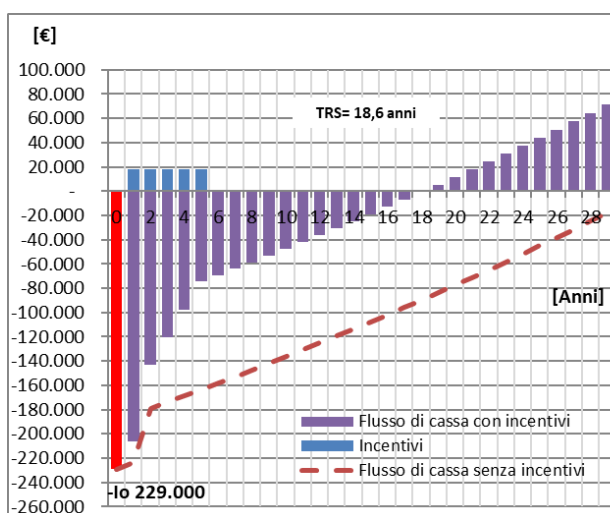
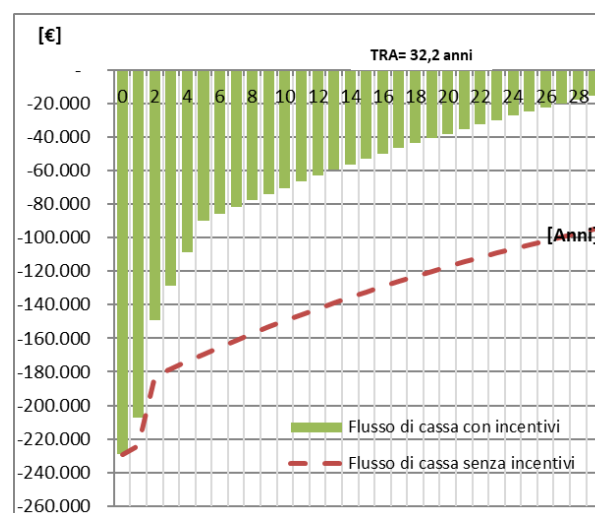


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di gas metano a seguito dell’intervento a fronte della spesa per sostenere l’intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull’involucro consigliamo di valutare preventivamente l’isolamento delle pareti esterne, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si possono ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM2: Isolamento della copertura

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM 2 – Isolamento della copertura

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	143.680
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	11.494
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	25,8	14,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	42,9	25,8
Valore attuale netto	VAN	- 44.604	6.567
Tasso interno di rendimento	TIR	0,9%	4,6%
Indice di profitto	IP	-0,31	0,05

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

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

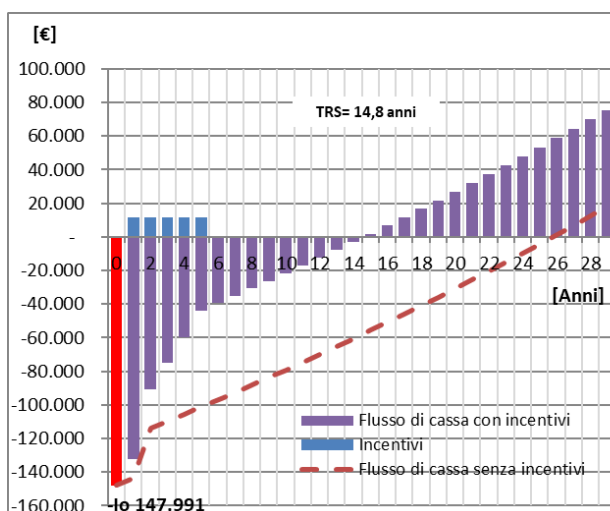
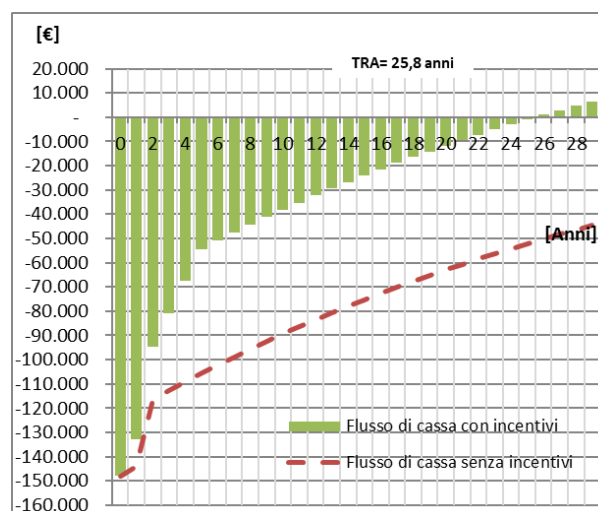


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato circa pari a 26 anni nel caso di incentivi.

EEM3: Sostituzione degli infissi

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	524.254
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	20.000
Durata incentivo	n_B	anni	5

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
Tempo di rientro semplice	TRS	35,2	27,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	55,0	42,2
Valore attuale netto	VAN	- 245.435	- 156.399
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,2%	0,3%
Indice di profitto	IP	-0,47	-0,30

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

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

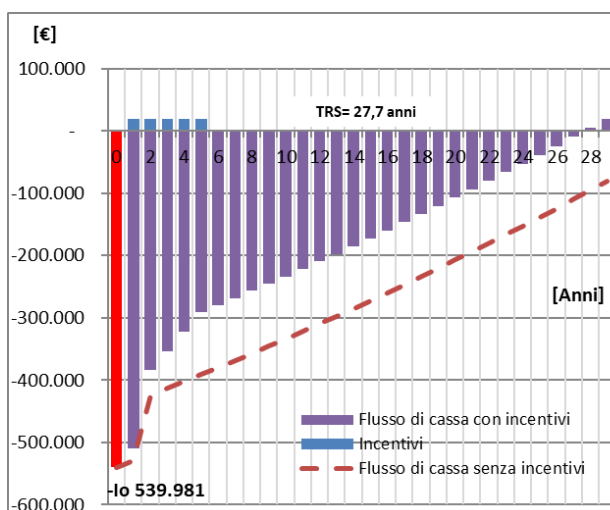
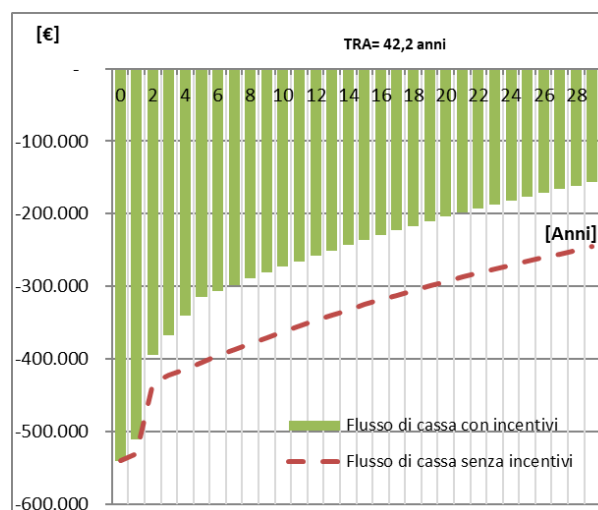


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di gas metano a seguito dell’intervento a fronte della spesa per sostenere l’intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull’involucro consigliamo di valutare preventivamente la sostituzione degli infissi, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si potrebbero ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	50.889
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	4.071
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	4,3	3,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,8	3,4
Valore attuale netto	VAN	68.659	86.783
Tasso interno di rendimento	TIR	21,2%	27,8%
Indice di profitto	IP	1,35	1,71

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

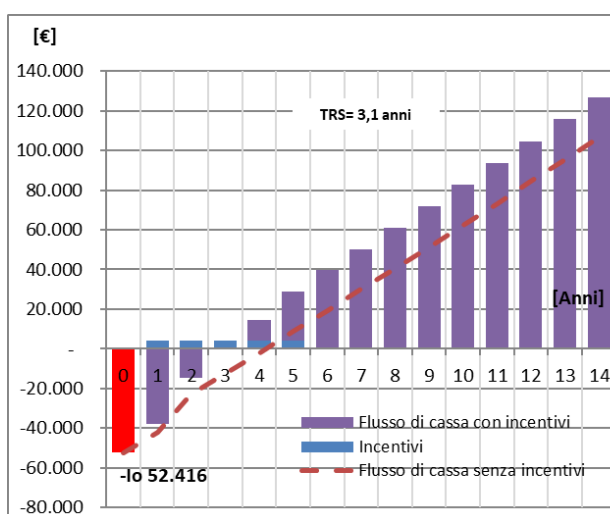
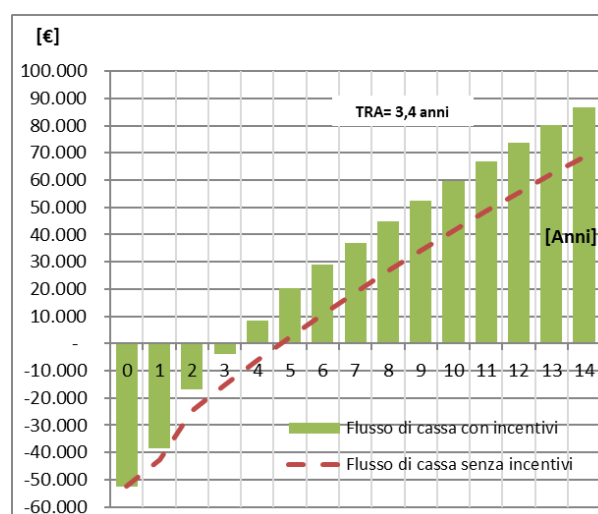


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato circa pari a 3,5 anni nel caso di incentivi. Anche in assenza di incentivi l’intervento risulta vantaggioso.

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	68.775
Oneri Finanziari %I ₀	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	5.502
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	13,9	8,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,9	9,4
Valore attuale netto	VAN	- 35.120	- 10.626

Tasso interno di rendimento	TIR	-13,8%	-1,1%
Indice di profitto	IP	-0,51	-0,15

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

Figura 9.9 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

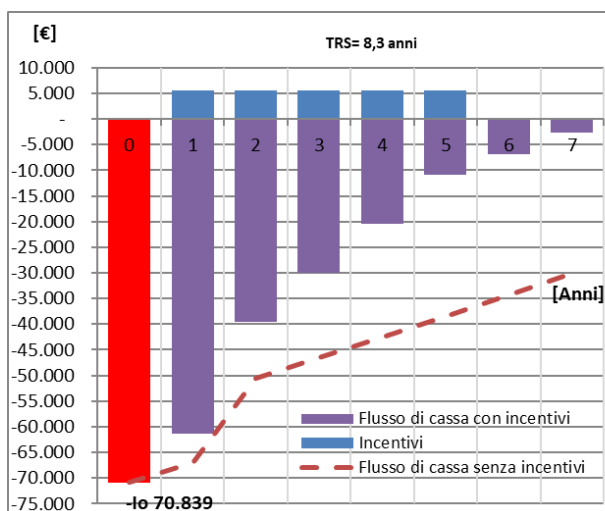
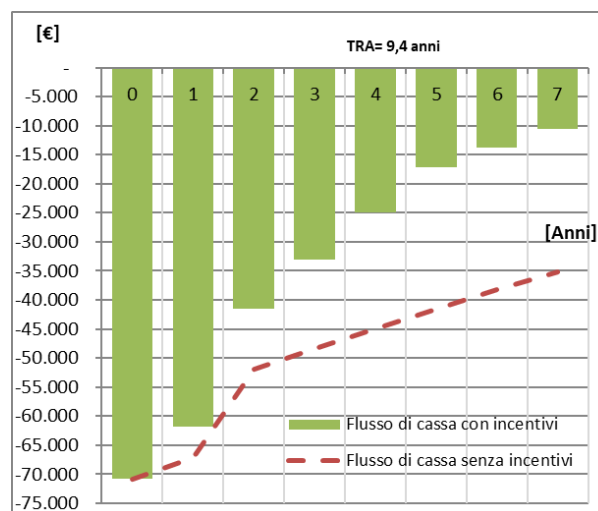


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 8 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto ad una spesa rilevante per sostenere l’intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull’impianto elettrico consigliamo di valutare la sostituzione dei corpi illuminanti assieme alla riduzione dei consumi elettrici che può arrivare dall’energia autoconsumata prodotta dall’impianto fotovoltaico. In questo modo si potrebbero ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	68.218
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	20
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	10,4	10,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,7	13,7
Valore attuale netto	VAN	17.981	17.981
Tasso interno di rendimento	TIR	7,1%	7,1%
Indice di profitto	IP	0,26	0,26

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.12.

Figura 9.11 –EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

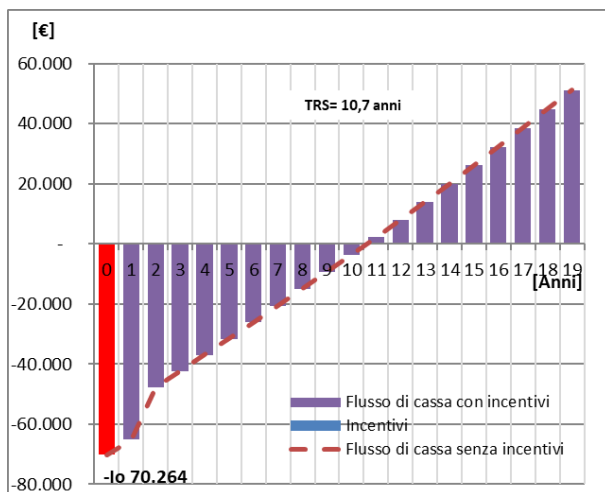
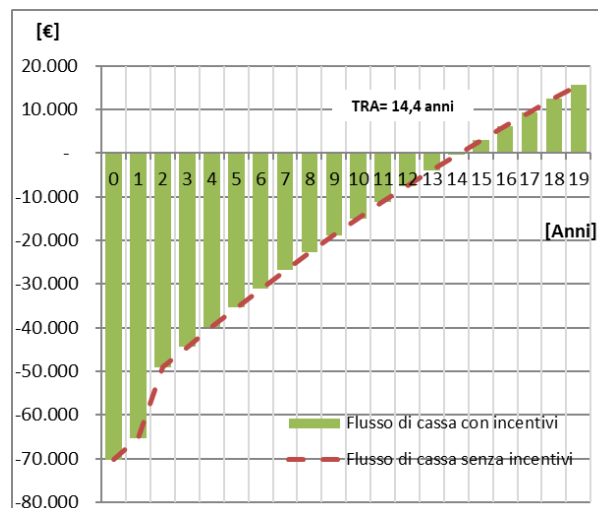


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato circa pari a 17. Non sono previsti incentivi da conto termico per l’installazione dell’impianto fotovoltaico, quindi i flussi di cassa “ con incentivi” e senza sono identici.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nella Tabella 9.14 e nella Tabella 9.15.

Tabella 9.13 – 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]	[€]	[%]	[-]
EEM1	12,4%	13,3%	5.987	0	0	-222.330,4	32,5	51,2	30	-94.902,9	-0,6%	-0,4
EEM2	10,1%	10,9%	4.901	0	0	-143.680,3	25,8	42,9	30	-44.604,1	0,9%	-0,3
EEM3	26,9%	28,5%	12.781	0	0	-524.253,7	35,2	55,0	30	-245.435,4	-1,2%	-0,5
EEM4	5,4%	6,1%	2.717	7.672	2.039	-50.889,2	4,3	4,8	15	68.658,7	21,2%	1,3
EEM5	10,0%	10,2%	5.325	0	0	-68.775,5	12,7	14,6	8	-31.936,7	-	-0,5
EEM6	13,2%	12,2%	6.411	0	0	-68.217,8	10,4	13,7	20	17.980,7	11,8%	0,3

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 nessun intervento proposto risulta avere un ritorno economico vantaggioso senza incentivi; ma vengono riportati tutti per completezza di informazione. Tra quelli proposti ci sono comunque interventi realizzabili sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista economico nel caso si acceda agli incentivi previsti dal conto termico come indicato in tabella 9.15.

Tabella 9.14 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	12,4%	13,3%	5.987	0	0	-222.330,4	18,6	32,2	30	-15.720,9	3,0%	-0,1
EEM2	10,1%	10,9%	4.901	0	0	-143.680,3	14,8	25,8	30	6.567,1	4,6%	0,0
EEM3	26,9%	28,5%	12.781	0	0	-524.253,7	27,7	42,2	30	-156.399,0	0,3%	-0,3
EEM4	5,4%	6,1%	2.717	7.672	2.039	-50.889,2	3,1	3,4	15	86.782,7	27,8%	1,7
EEM5	10,0%	10,2%	5.325	0	0	-68.775,5	6,9	8,9	8	-7.442,6	0,5%	-0,1
EEM6	13,2%	12,2%	6.411	0	0	-68.217,8	10,4	13,7	20	17.980,7	7,1%	0,3

Dall’analisi dei risultati emerge che i interventi singoli che risultano economicamente vantaggiosi e tecnicamente fattibili sono l’EEM2, l’EEM54 e l’EEM6, seppur con un tempo di ritorno attualizzato maggiore della metà della vita utile dell’intervento stesso. Inoltre c’è la possibilità di ridurre i consumi elettrici sfruttando almeno in parte l’energia elettrica prodotta dall’impianto fotovoltaico già installato sulla copertura con ulteriore ricavi economico accedendo al meccanismo di scambio sul posto per l’energia elettrica prodotta in surplus rispetto ai consumi.

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

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

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

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

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

Per il primo scenario ottimale ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti, mentre il secondo scenario, 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.

La valutazione della fattibilità tecnico-economica è stata effettuata al fine di una gestione diretta da parte della PA o indiretta mediante ESCO.

Nella formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo degli scenari ottimali, si è assunto che i capitali per la realizzazione degli interventi siano resi disponibili da un privato, con una ripartizione dell’investimento al 20% tramite mezzi propri (equity) ed all’80% tramite finanziamento terzi (debito). Nel calcolo del VAN di Progetto il tasso di attualizzazione i usato coincide con il WACC (costo medio ponderato del capitale) ed è posto pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I₀
- E è l'Equity, pari a 20% di I₀
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell’intorno di 1,3 e valori positivi di LLLCR 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: [EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5 + EEM6]:** Tale scenario consiste nell’isolamento delle pareti esterne, l’isolamento della copertura, sostituzione del generatore di calore e installazione di valvole termostatiche, installazione di nuove plafoniere con lampade led e installazione di un impianto fotovoltaico.
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM2 + EEM4]:** Tale scenario consiste nell’isolamento delle pareti esterne, l’isolamento della copertura, sostituzione del generatore di calore e installazione di valvole termostatiche.

9.3.1 Scenario 1: EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5 + EEM6

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

- EEM1: Isolamento delle pareti esterne;
- EEM2: Isolamento della copertura;
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche;
- EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico.

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 – Fornitura e Posa	170.206,09	37.445,34	207.651,43
EEM2 – Fornitura e Posa	107.064,31	23.554,15	130.618,46
EEM4 – Fornitura e Posa	37.920,42	8.342,49	46.262,91
EEM5 – Fornitura e Posa	51.248,51	11.274,67	62.523,18
EEM6 – Fornitura e Posa	50.832,95	11.183,25	62.016,20
Costi per la sicurezza	12.518,17	2.754,00	15.272,17
Costi per la progettazione	29.209,06	6.425,99	35.635,05
TOTALE (I₀)	458.999,51	100.979,89	559.979,40
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-

EEM2 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	6.304	1.676	7.979
EEM5 O&M	-	-	-
EEM6 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	6.304	1.676	7.979
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	194.270,17	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		38.854,03	

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

Figura 9.13 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

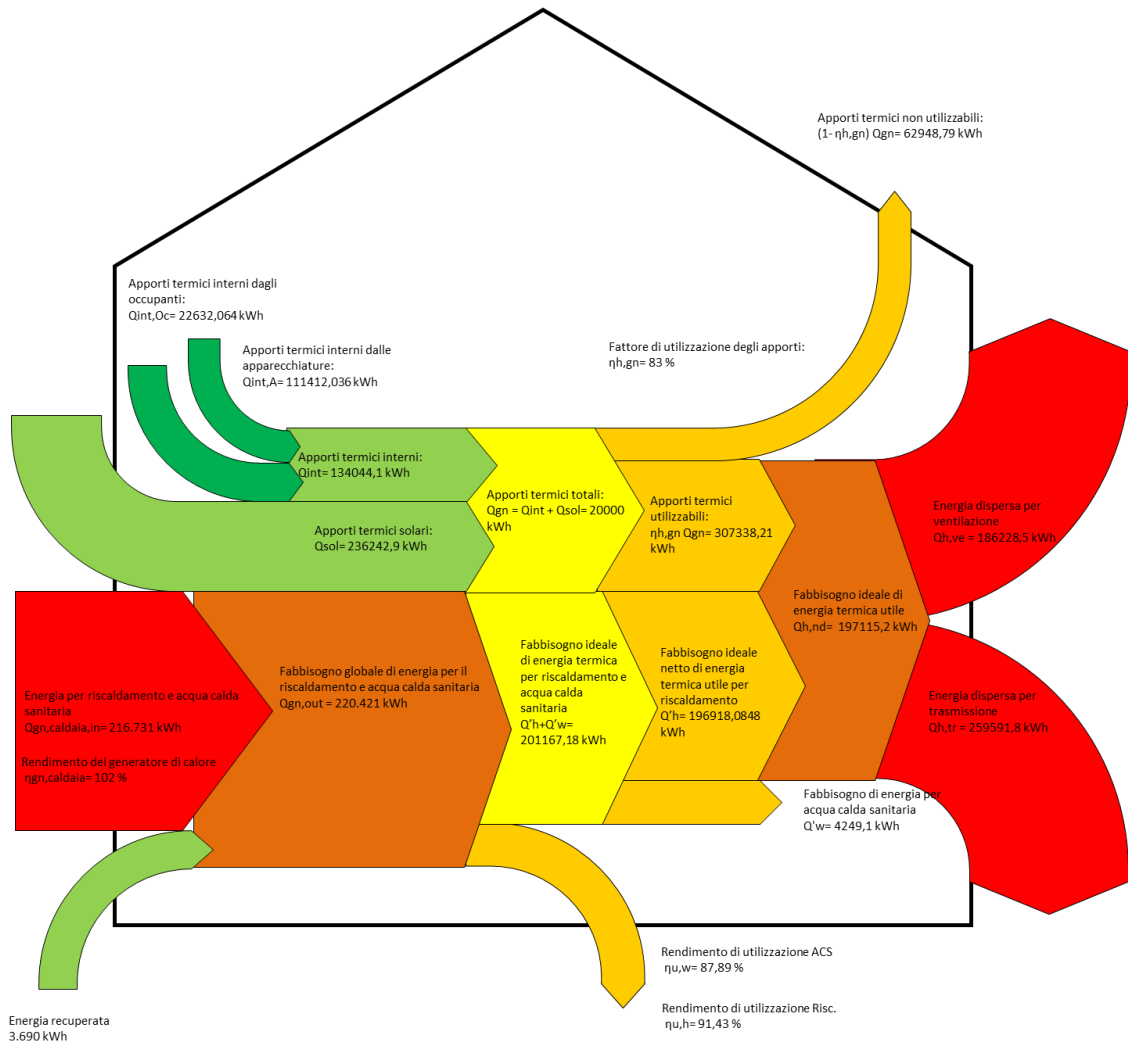
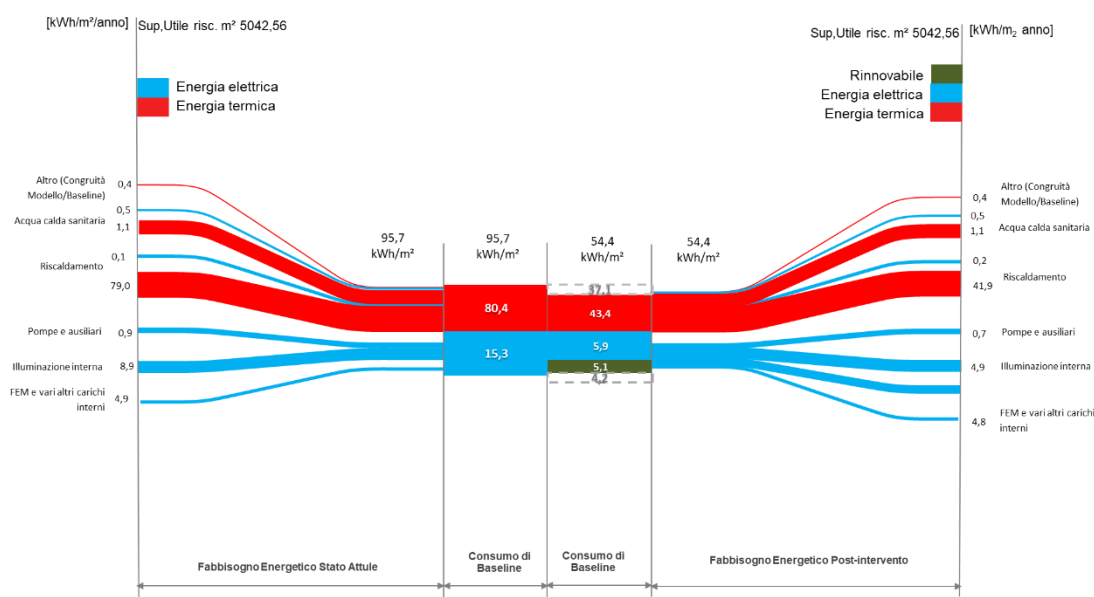


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



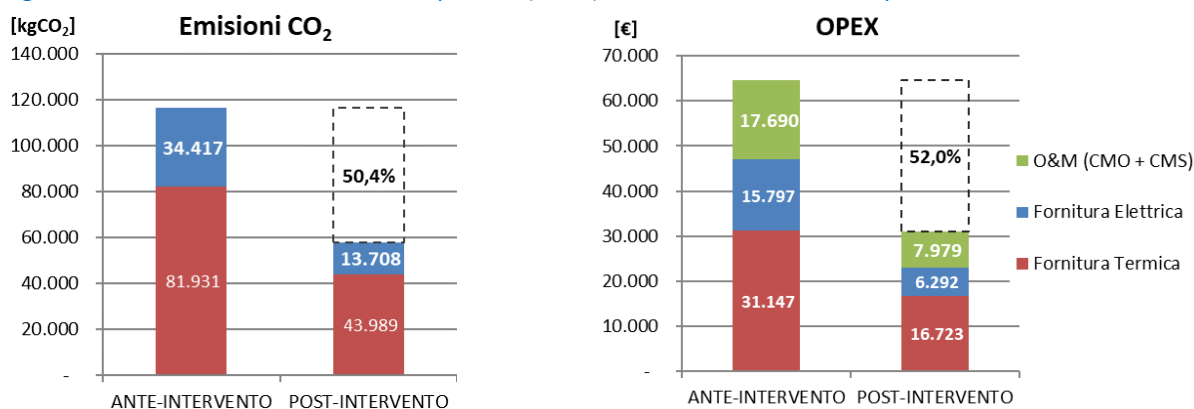
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15.

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 [trasmissione parete]	[W/m²K]	1,47	0,26	82,3%
EEM2 [trasmissione copertura]	[W/m²K]	1,47	0,2	86,4%
EEM4 [Rendimento generazione calore]	[%]	90	100	11,1%
EEM5 [Potenza installata]	[W]	5.762	2.464	57,2%
EEM6 [Potenza installata]	[W]		25.000	100,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	403.665	216.731	46,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	77.211	30.752	60,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	405.599	217.769	46,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	73.699	29.353	60,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	81.931	43.989	46,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.417	13.708	60,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	116.348	57.697	50,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	31.147	16.723	46,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	15.797	6.292	60,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	46.944	23.015	51,0%
C_{MO}	[€]	13.975	6.304	54,9%
C_{MS}	[€]	3.715	1.676	54,9%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	17.690	7.979	54,9%
OPEX	[€]	64.634	30.994	52,0%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 - 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CDP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 559.979
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 16.799
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 576.779
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 461.423

Equity	I_E	€	115.356
Fattore di annualità Debito	FA_D		8,30
Rata annua debito	q_D	€	55.581
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	555.810
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	94.387

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	47.633
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	17.690
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	65.323
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		51,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		54,9%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	31.478
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	653
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	120.886
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	40.689
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		9,65%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	3.974
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	6.742
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	20.109
Canone O&M €/anno	CnM	€	8.284
Canone Energia €/anno	CnE	€	25.561
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	33.845
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	30.825
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	64.670
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	100.980
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	194.270
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.19 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		9,88
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		14,12
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	14.565
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		4,53%
Indice di Profitto	IP		2,60%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		8,61
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		14,44
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	2.928

Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	9,91%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,071
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,052
Indice di Profitto Azionista	IP	0,52%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

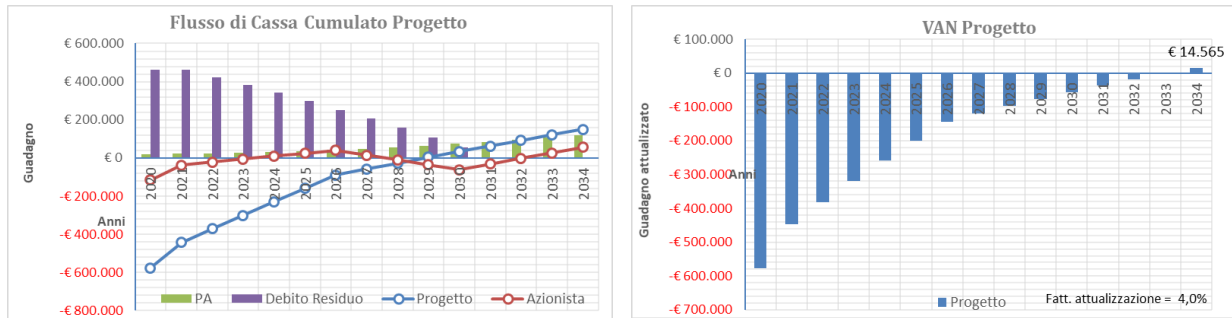
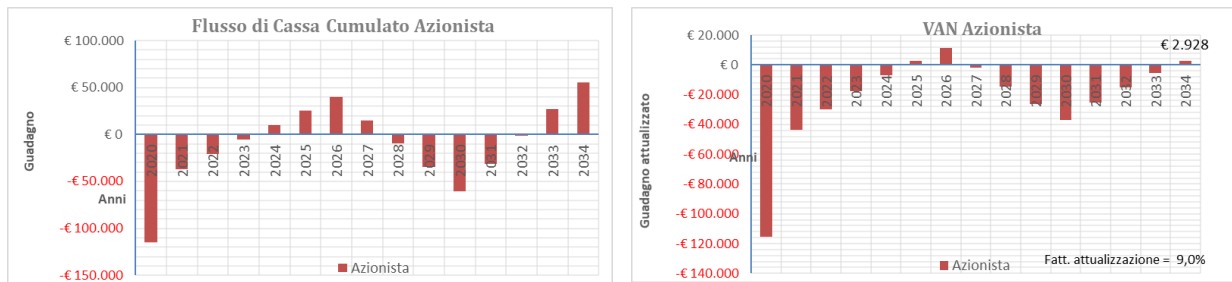
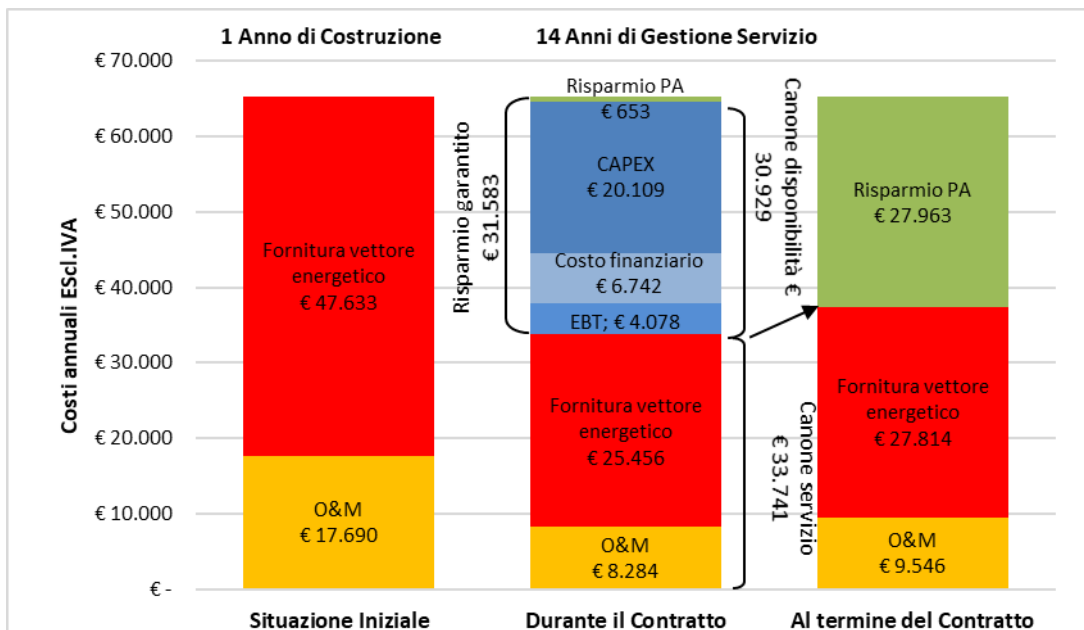


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi (se applicabili) attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM4

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

- EEM1: Isolamento delle pareti esterne;
- EEM2: Isolamento della copertura;
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche.

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 – Fornitura e Posa	170.206,09	37.445,34	207.651,43
EEM2 – Fornitura e Posa	107.064,31	23.554,15	130.618,46
EEM4 – Fornitura e Posa	37.920,42	8.342,49	46.262,91
Costi per la sicurezza	9.455,72	2.080,26	11.535,98
Costi per la progettazione	22.063,36	4.853,94	26.917,30
TOTALE (I₀)	346.709,90	76.276,18	422.986,07
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	6.304	1.676	7.979
TOTALE (C_M)	6.304	1.676	7.979
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	166.759,97	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		33.351,99	

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

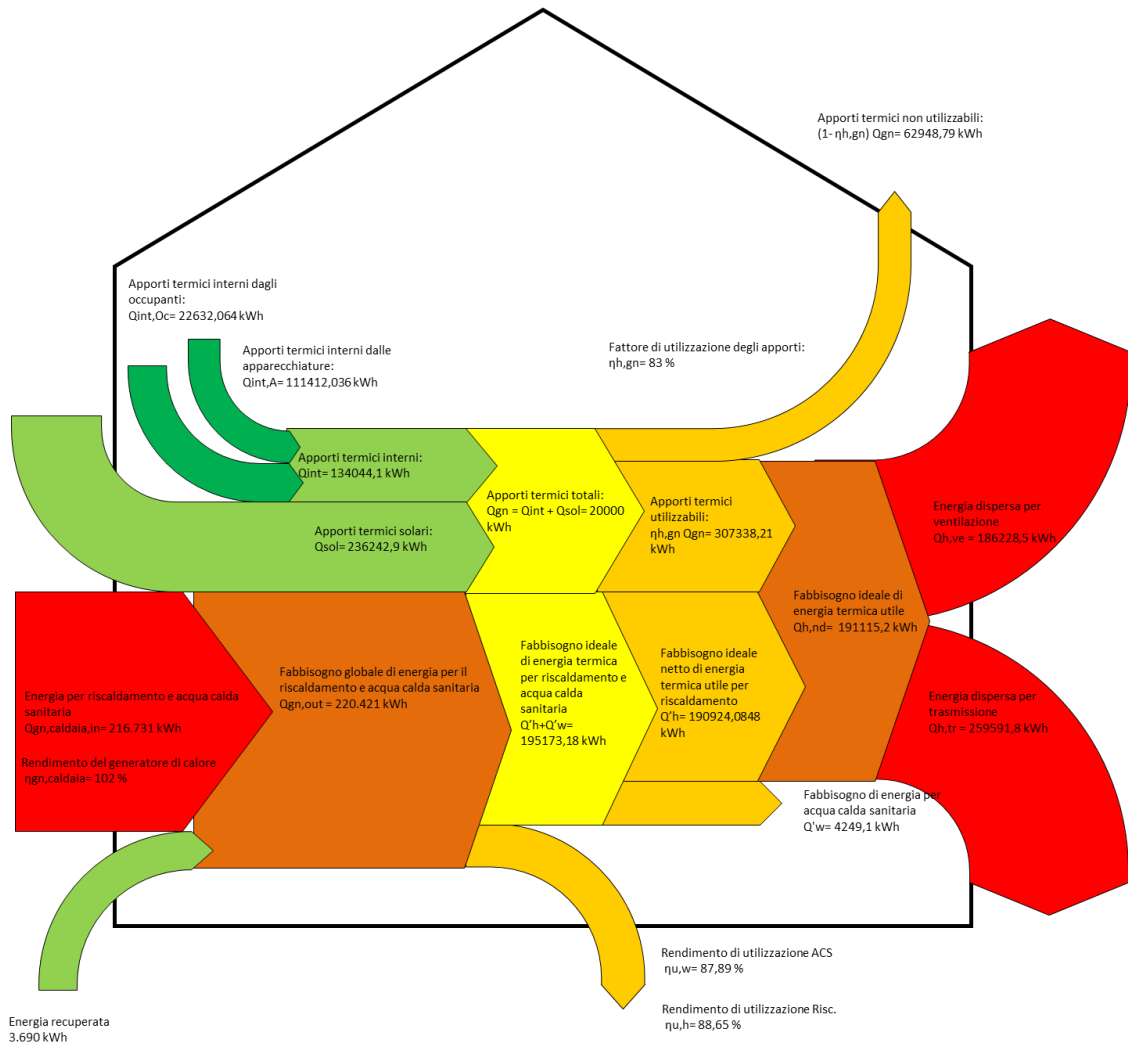
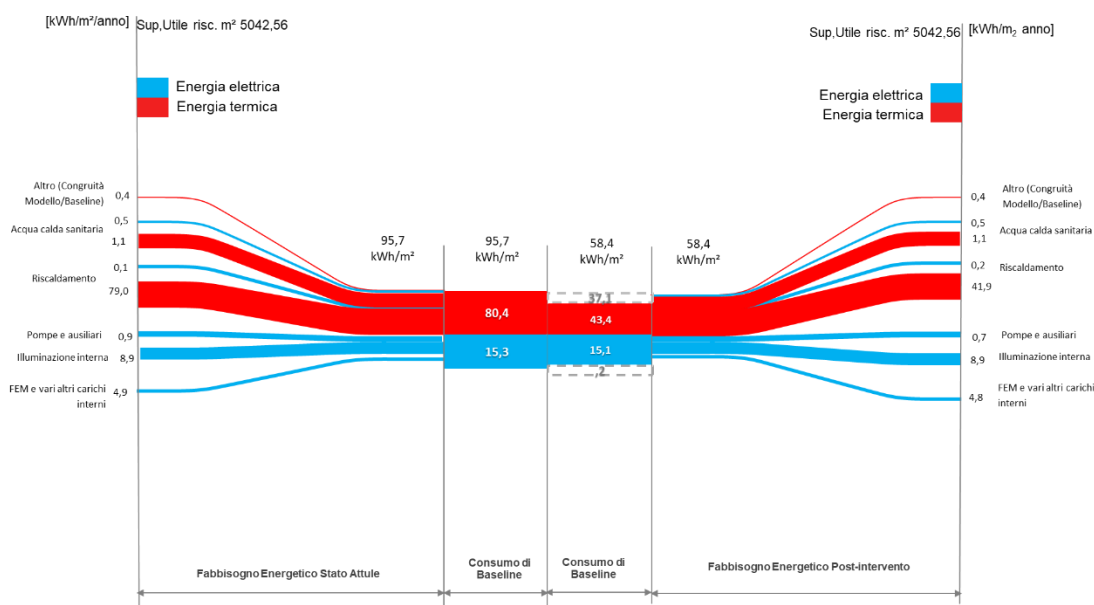


Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

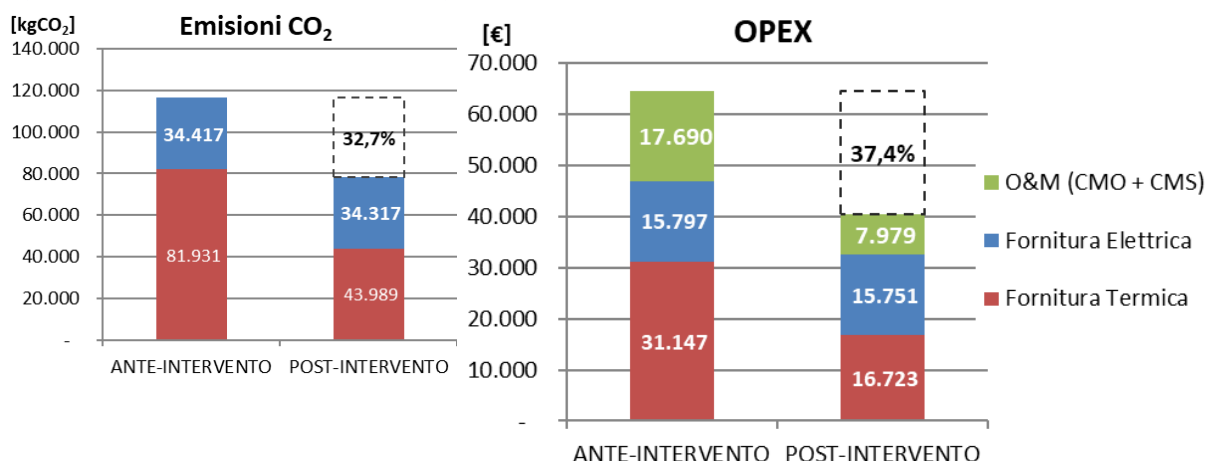


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.21 e nella Figura 9.15

Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 [trasmissione parete]	[W/m²K]	1,5	0,26	82,7%
EEM2 [trasmissione copertura]	[W/m²K]	1,42	0,22	84,5%
EEM4 [Rendimento generazione calore]	[%]	94	102	8,5%
Q _{teorico}	[kWh]	403.665	216.731	46,3%
EE _{teorico}	[kWh]	77.211	76.986	0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	405.599	217.769	46,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	73.699	73.484	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	81.931	43.989	46,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.417	34.317	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	116.348	78.307	32,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	31.147	16.723	46,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	15.797	15.751	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	46.944	32.474	30,8%
C _{MO}	[€]	13.975	6.304	54,9%
C _{MS}	[€]	3.715	1.676	54,9%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	17.690	7.979	54,9%
OPEX	[€]	64.634	40.453	37,4%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,21 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CDP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	15
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 422.986
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 12.690
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 435.676
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 348.541
Equity	I_E	€ 87.135
Fattore di annualità Debito	FA_D	11,41
Rata annua debito	q_D	€ 30.556
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 458.341
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 109.801

Tabella 9.23 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 47.633
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 17.690
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 65.323
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	30,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	54,9%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	2,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 18.361
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.306
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 317.268
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 32.819
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	24,53%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 4.453
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 4.575
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 8.027
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 8.497
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 38.466
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 46.962
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 17.054
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 64.017
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 76.276
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 166.760
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.24 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC , Anni	T.R.S.	10,31
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	16,09
Valore Attuale Netto, VAN = $VA - Io$	$VAN > 0$	€ 54.576
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	5,99%
Indice di Profitto	IP	12,90%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC , Anni	T.R.S.	2,75
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,18
Valore Attuale Netto, VAN = $VA - Io$	$VAN > 0$	€ 39.740
Tasso interno di rendimento dell’azionista	$TIR > ke$	33,78%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,146
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	1,013
Indice di Profitto Azionista	IP	9,40%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

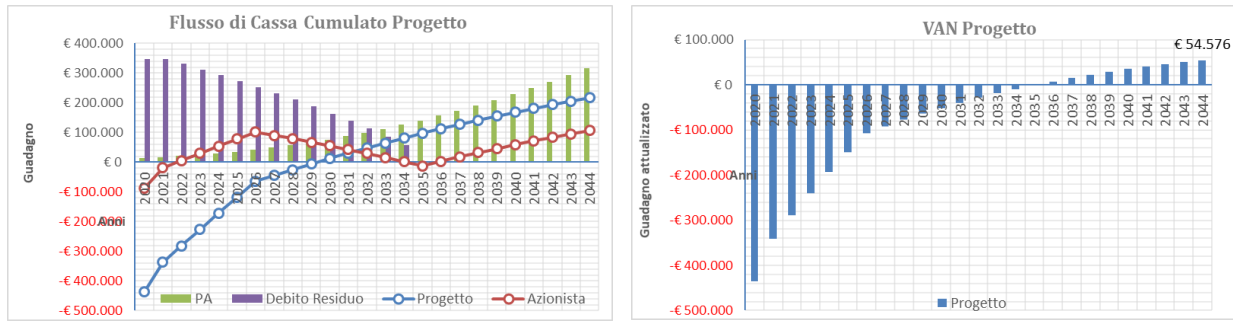
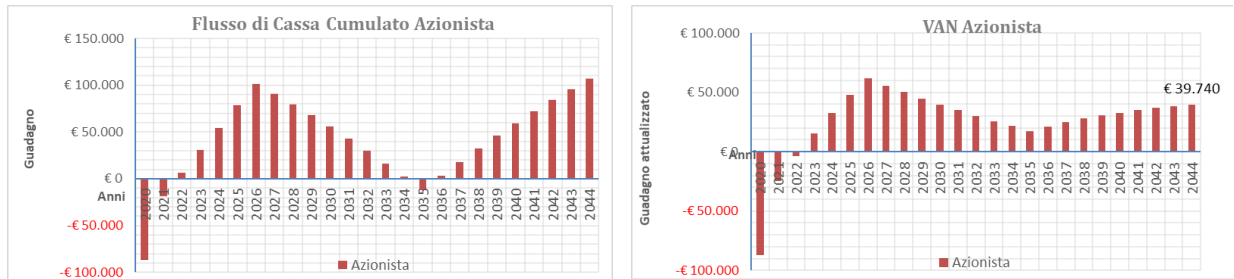
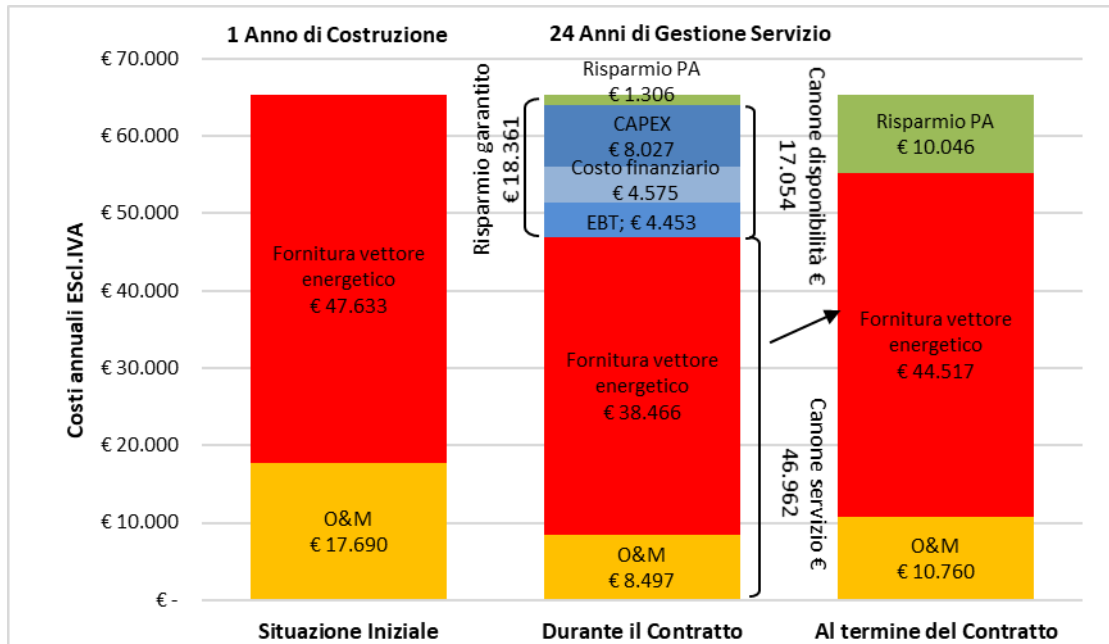


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi (se applicabili) attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.18.

Figura 9.24 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indicatori di prestazione energetica sono riportati nella tabella 10.1 in cui vengono espressi in duplice forma:

- Rispetto ai consumi energetici reali con riferimento ai dati storici come media delle ultime 3 annualità.
- Rispetto a condizioni standard di riferimento (calcolo in valutazione standard UNI TS 11300);

Tabella 10.1 – Indicatori di performance energetica valutati in modalità adattata all’utenza e in condizioni standard

INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE		CONDIZIONI REALI	U.M.	CONDIZIONI STANDARD	U.M.
Indice di prestazione energetica globale	EP _{gl}	104,5	kWh/mq anno	173,4	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale	EP _H	84,9	kWh/mq anno	148,9	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la produzione di acs	EP _{acs}	1,8	kWh/mq anno	2,5	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva	EP _C	0,0	kWh/mq anno	0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la ventilazione	EP _V	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per illuminazione artificiale	EP _L	17,3	kWh/mq anno	21,5	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il trasporto di persone o cose	EP _{Tr}	0,5	kWh/mq anno	0,5	kWh/mq anno
Indice di energia termica totale	EP _T	79,8	Kg/mq anno	141,0	Kg/mq anno
Indice di energia elettrica totale	EE	15,3	kWh/mq anno	13,1	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il riscaldamento	ET _H	79,0	kWh/mq anno	141,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il raffrescamento	ET _C	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per la produzione di acs	ET _W	1,3	kWh/mq anno	2,0	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	23,1	Kg/mq anno	34,6	Kg/mq anno

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

10.2.1 Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:

Al fine di dare una priorità all’implementazione degli interventi di miglioramento individuati è stata effettuata un’analisi multicriterio che tenga in considerazione gli aspetti:

- Energetici: Riduzione dei consumi di energia primaria (kWh);
- Economici:
 - Costo dell’energia risparmiata (CER) espressa in c€/kWh, fornisce l’esborso finanziario da sostenere per ogni unità di energia risparmiata;
 - Indice di profittabilità (IP) dato dal rapporto tra VAN e Investimento;
 - Valore Attualizzato Netto (VAN) (€);

- Tempo di riorno Semplice (TR) (anni).
- Ambientali: Tonnellate di CO₂ evitate annualmente (ton/anno).

Tabella 10.2 – Analisi multicriterio degli interventi migliorativi

INTERVENTO	Criterio Energetico	Criterio Ambientale	Criterio Economico				Risultato complessivo
	Risparmio energia primaria	CO ₂ risparmiata	TIR	IP	TR	VAN	
	kWh/anno	Ton/anno	%	-	anni	€	
EEM 1*	75.134,14	18,48	3,0%	-0,07	18,57	-15.720,90	-
EEM 2	70.091,58	15,76	4,6%	0,05	14,82	6.567,07	0,07
EEM 3*	175.481,09	35,58	0,3%	-0,30	27,74	-156.398,96	-
EEM 4	41.853,25	10,31	27,8%	1,71	3,13	86.782,70	0,25
EEM 5*	48.912,83	12,03	0,5%	-0,11	6,89	-7.442,64	-
EEM 6	33.785,15	14,33	7,1%	0,26	10,38	17.980,73	0,06
SCN1	259.691,84	61,21	4,6%	2,80	9,85	15.659,00	0,59
SCN2	191.617,28	39,92	6,0%	12,90	10,31	54.576,00	0,69

PESO	20%	30%	5%	30%	5%	10%
-------------	-----	-----	----	-----	----	-----

*L'intervento risulta escludibile dall'analisi in quanto caratterizzato da pareti economici negativi e quindi non applicabile.

Nel risultato complessivo compare la somma di tutti gli indicatori riportati in tabella parametrizzati rispetto ai fattori peso indicati e pesati tra di loro per poterli confrontare; maggiore è il risultato complessivo migliore complessivamente è l'intervento rispetto a quelli proposti.

L'analisi multicriterio dimostra che l'SCN2 risulta essere l'intervento migliore tra quelli proposti, seguito dall'SCN1; tra gli interventi singoli proposti l'intervento migliore risulta la sostituzione del generatore di calore e l'installazione delle valvole termostatiche.

In generale l'analisi multicriterio mette in luce anche il fatto che un maggior investimento non determina per forza un miglioramento dei parametri energetici, ambientali ed economici; infatti il risultato complessivo mostra che l'interazione di questi parametri può portare un intervento a basso investimento ad essere migliore di uno ad investimento maggiore.

10.2.2 Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi

e suddette opportunità di miglioramento verranno attuate attraverso la stipula di Contratti a garanzia di risultato (EPC) con ESCO a seguito dell'aggiudicazione di Gare d'Appalto dedicate.

I piani di misura e verifica dei risparmi sono uno strumento fondamentale nei contratti EPC per monitorare nel tempo il risparmio energetico conseguito grazie agli interventi di efficientamento, in base al quale si valuta il raggiungimento degli obiettivi garantiti dal contratto.

L'obiettivo principale del monitoraggio è quello di avere un feedback obiettivo sui risultati ottenuti. In particolare la raccolta dei dati deve servire per:

- valutare l'efficacia e l'efficienza dell'uso delle risorse investite per raggiungere l'obiettivo dell'iniziativa;
- garantire la corretta gestione del Contratto stipulato con la ESCO. I dati utilizzati per calcolare i pagamenti devono essere veritieri e garantire, trasparenza e tracciabilità;
- come esempio per replicare l'iniziativa e dimostrarne l'efficacia.

Il Sistema di Monitoraggio e Verifica delle Prestazioni prevede:

- la programmazione periodica delle attività di controllo;
- la compilazione periodica di un report di Monitoraggio;

- la predisposizione di un report stagionale con i risultati delle prestazioni per il periodo di riferimento;
- la messa a disposizione delle informazioni e dei report raccolti e archiviati.

Il report annuale di monitoraggio dovrà contenere gli elementi seguenti:

- l'andamento dei consumi stagionali, in termini sia energetici sia monetari rilevati di energia termica;
- l'andamento dei consumi stagionali in termini sia energetici sia monetari rilevati di energia elettrica;
- i prezzi di riferimento per la stagione;
- la descrizione di eventuali variazioni climatiche;
- la descrizione di eventuali variazioni delle modalità d'uso degli edifici;
- la descrizione di eventuali variazioni delle caratteristiche di base degli edifici;
- il risparmio energetico garantito ed effettivo e gli eventuali scostamenti;
- la descrizione delle esperienze operative acquisite.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Il presente report di Diagnosi Energetica può ritenersi un documento tecnico propedeutico all'eventuale redazione di Energy Performance Contract (EPC) volti all'implementazione degli interventi di riqualificazione del patrimonio edilizio della Committenza.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Allegato A - Elenco documentazione fornita dalla committenza	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-Allegato A.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Contesto geografico e urbano e zone termiche	Contesto geografico	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoB-Zone termiche e contatori.dwg
Analisi fatture dell'energia elettrica	Analisi fatture EE	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia elettrica.xlsx
Analisi fatture del gas naturale	Analisi fatture GAS	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia termica.xlsx
Riepilogo dati fatture rilevati dall'auditor	Dati consumi termici ed elettrici	05/06/18	kyotoBaseline-E459_rev10.xlsx

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C – Report di indagine termografica	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoC.docx



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Non sono stati eseguiti ulteriori report relativi a prove diagnostiche strumentali della termoflussimetria in quanto non ritenuti significativi viste le caratteristiche dell’edificio indivianalizzate in fase di rilievo e di elebarazione del report di diagnosi energetiche.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo, fabbisogno di energia e diagnosi energetica rilasciati dal software	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoE.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di conformità Namirial Termo	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-Allegato F.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoG-APE.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	05/06/18	DE_Lotto.3._E459_revA-Allegato H-APE SCN1.pdf
Attestato di prestazione energetica	05/06/18	DE_Lotto.3._E459_revA-Allegato H-APE SCN2.pdf

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
Dati climatici		05/06/18	GG_Lotto.3-E459_RevB.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Scheda Audit	05/06/18	DE_Lotto3-E459_revB_AllegatoJ-Scheda audit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Scheda ORE_isolamento pareti esterne	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM1.pdf
Scheda ORE_isolamento copertura piana	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM2.pdf
Scheda ORE_sostituzione infissi	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3.pdf
Scheda ORE_sostituzione caldaie	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM4.pdf
Scheda ORE_valvole termostatiche.pdf	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3&EEM4.pdf
Scheda ORE_lampade led.pdf	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM5.pdf
Scheda ORE_impianto fotovoltaico.pdf	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM6.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi economica finanziaria degli scenari SCN1 e SCN2	05/06/18	DE_Lotto.3-E459_rev06-AllegatoL-Analisi PEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchamark	05/06/18	DE_Lotto.3-E390_revC-AllegatoM-Benchmark.docx

ALLEGATO N – CD-ROM