

Materna "GABBIANO" Elementare "MAZZINI" Media "LUCARNO"
E 468
Via Lodi 4

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



GABBIANO - MAZZINI – LUCARNO – COLORI DELL'IRIDE

E468

VIA LODI 4

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova
Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

eFM SpA
Via Laurentina, 455 - 00142 Roma
Tel 06 5400064 – efm@efmnet.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	20/04/2018	Carlotta Mordini	Luca Grossi Luca Bonanno	Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione
01	13/06/2018	Carlotta Mordini	Luca Grossi Luca Bonanno	Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
TABELLA 2.1 - SUDDIVISIONE IN PIANI DELL'EDIFICIO	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
I GG COSÌ CALCOLATI DEFINISCONO I GG_{RIF} AI FINI DEL PROCESSO DI NORMALIZZAZIONE DI CUI AL CAPITOLO 5.1.1.....	11
TABELLA 3.2 – PROFILI MENSILI DEI GGRIF.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
TABELLA 4.1 – TRASMITTANZE TERMICHE DEI COMPONENTI DELL'INVOLUCRO OPACO.....	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
IL RENDIMENTO COMPLESSIVO DEL SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE È STATO ASSUNTO NELLA DE PARI AL 95,4%. PER LA ZT01 E AL 95,1% PER LA ZT02.	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	24
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	26
5 CONSUMI RILEVATI	27
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	27
5.1.1 <i>Energia termica</i>	27
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	30
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	33
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	37



6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
6.1.1	<i>Validazione del modello termico</i>	38
6.1.2	<i>Validazione del modello elettrico</i>	39
6.2	FABBISOGNI ENERGETICI.....	39
6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
7	ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	43
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	43
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	46
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	48
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49
TALI SERVIZI PREVEDONO IL PAGAMENTO DI UN CANONE ANNUALE DA PARTE DELLA PA PARI A € 6.926,79.		49
.....		49
$C_{MS} = 0.1 \times C_M$		49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
TABELLA 7.8 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE		50
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	51
8.1.1	<i>Involucro</i>	51
8.1.2	<i>Impianto di riscaldamento</i>	53
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	57
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	58
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	58
EEM1: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO		58
EEM2: COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI.....		59
EEM3: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA		59
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	61
EEM1: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO		62
EEM2: COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI I.....		63
EEM3: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA		64
EEM4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER.....		65
EEM5: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED.....		66
SINTESI		67
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	68
9.3.1	<i>Scenario 1: Generatore + valvole+ inverter + LED</i>	71
9.3.2	<i>Scenario 2: Scn1 + cappotto + controsoffitti:</i>	76
10	CONCLUSIONI	82
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	82
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	82
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		1
ALLEGATO B – ELABORATI		1
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	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	2
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	2
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	2
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	2
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	2
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2
ALLEGATO N – CD-ROM	2

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1910
Anno di ristrutturazione		1998/99: Sostituzione infissi; 2000: Installazione scala antincendio; 2007: Ristrutturazione e creazione Nido; 2016: Interventi di messa in sicurezza
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	5.197
Superficie disperdente (S)	[m ²]	8.451
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	29.901
Rapporto S/V	[1/m]	0,28
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.060
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	3.486
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	9.546
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	1.126 = 1.044 + 27 + 55
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	6,5
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore tradizionale e Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	115,8
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	426.406
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	32.763
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	63.487
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	14.705

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetiche proposte:

- EEM 1: Coibentazione a cappotto dell'involucro
- EEM 2: Compartimentazione termica – installazione di controsoffitti
- EEM3: Sostituzione generatore calore con altro a condensazione
- EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter
- EEM5: Installazione di un sistema di illuminazione a LED

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

CON INCENTIVI														
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TR A	n	VAN	TIR	IP	DSC R	LL CR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€]	[an ni]	[an ni]	[an ni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	0%	32%	€ -	€ 380,28	€ 42,25	€ 644.027,5	21,8	35,0	30	-€ 94.750,02	1,89%	-0,15	NA	NA
EEM 2	2%	21%	€ 294,10	€ -	€ 25,35	€ 172.689,1	16,9	27,7	30	€ 5.382,19	4,28%	0,03	NA	NA
EEM 3	0%	9%	€ -	€ 380,28	€ 126,76	€ 70.738,75	15,8	20,3	15	-€ 18.908,91	-0,80%	-0,27	NA	NA
EEM 4	2%	13%	€ 294,10	€ -	€ 42,25	€ 22.926,73	4,2	4,7	15	€ 33.504,15	22,12%	1,46	NA	NA
EEM 5	38%	10%	€ 5.636,47	€ 152,11	€ 84,51	€ 82.693,20	8,2	9,3	8	-€ 11.706,75	-0,67%	-0,14	NA	NA

E 468 – GABBIANO MAZZINI LUCARNO

SCN1	39%	22%	€ 11.616,15	€ 532,39	€ 253,52	€ 176.358,68	19,4	35,5	15	-€ 42.401,10	-1,86%	-0,24	SCN1	39%
SCN2	39%	51%	€ 11.616,15	€ 912,67	€ 321,13	€ 993.075,21	82,2	235,7	25	-€ 14.600,21	-5,21%	-0,42	SCN2	39%

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

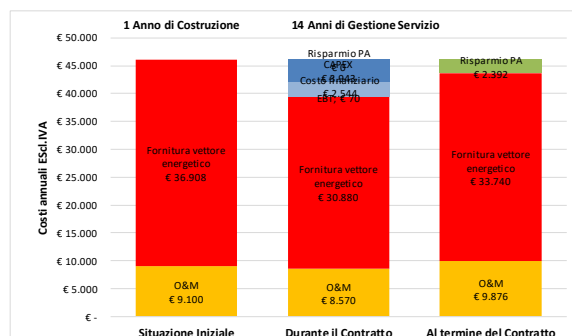
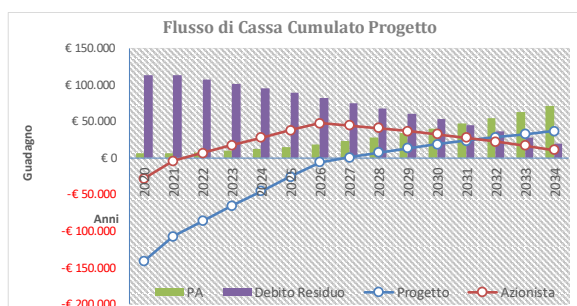
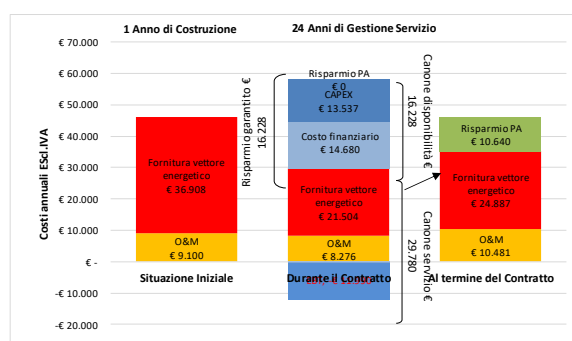
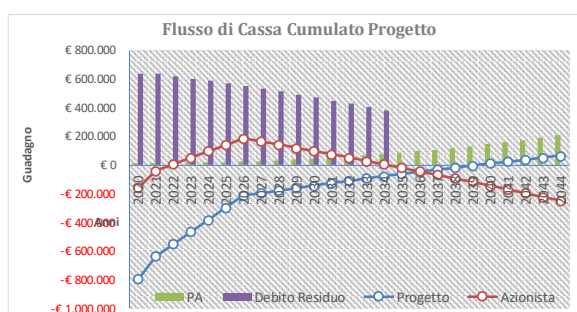


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Nonostante le misure previste nella presente diagnosi contribuiscano a migliorare notevolmente le prestazioni termiche e l'efficienza energetica dell'edificio, gli investimenti, nel caso in cui la PA si servisse di un finanziamento esterno, non risulterebbero convenienti.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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 dalla eFM SpA, il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta verso il cortile interno



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

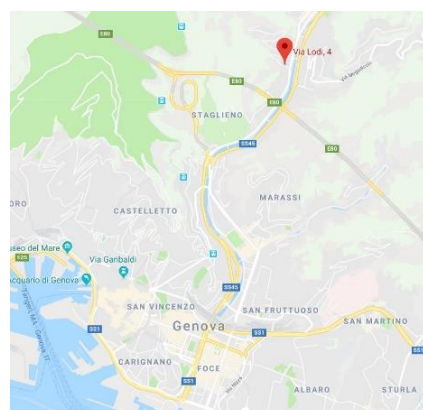
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Luca Grossi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luca Bonanno	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sez. STA foglio 24 mappale 189 subalterno 1 è sito nel Comune di Genova.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1910
Anno di ristrutturazione		1998/99: Sostituzione infissi; 2000: Installazione scala antincendio; 2007: Ristrutturazione e creazione Nido; 2016: Interventi di messa in sicurezza
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	5.197
Superficie disperdente (S)	[m ²]	8.451
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	29.901
Rapporto S/V	[1/m]	0,28
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.060
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.486
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	9.546
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	Generatore tradizionale

Tipologia generatore riscaldamento		1.044 + 27 + 55
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	6,5
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Gas naturale
Tipo di combustibile		Generatore tradizionale e Boiler Elettrici
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		115,8
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	426.406
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	32.763
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	63.487
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	14.705
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	115,8

Nota (1): Valori di Baseline

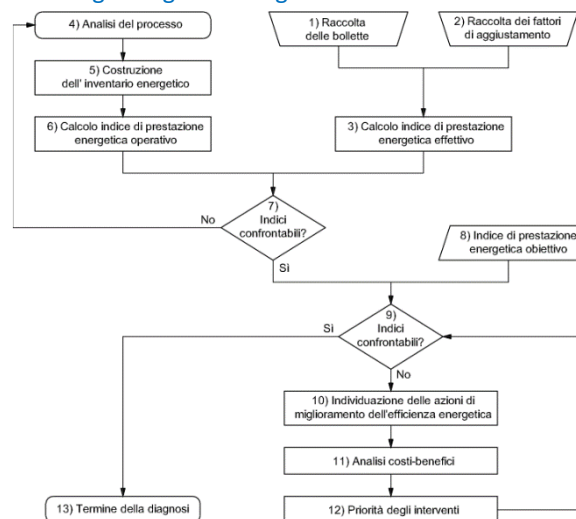
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errorre. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, e rilevamento dei dati utili durante i sopralluoghi svolti in maniera autonoma dalle risorse tecniche della società aggiudicatrice;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per AgeSi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Namirial Termo ver. 4.3 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.66 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2015-2016, ove disponibili;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteorologica "Quezzi" e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016, ove disponibili;
- 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.

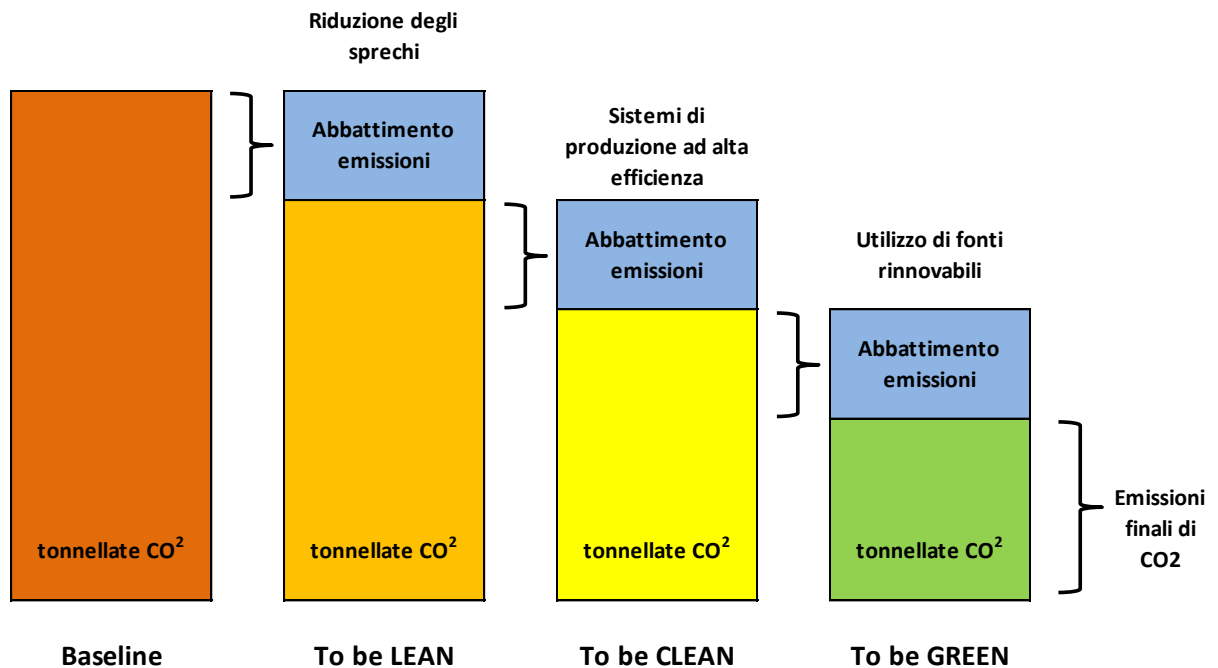
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);

- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

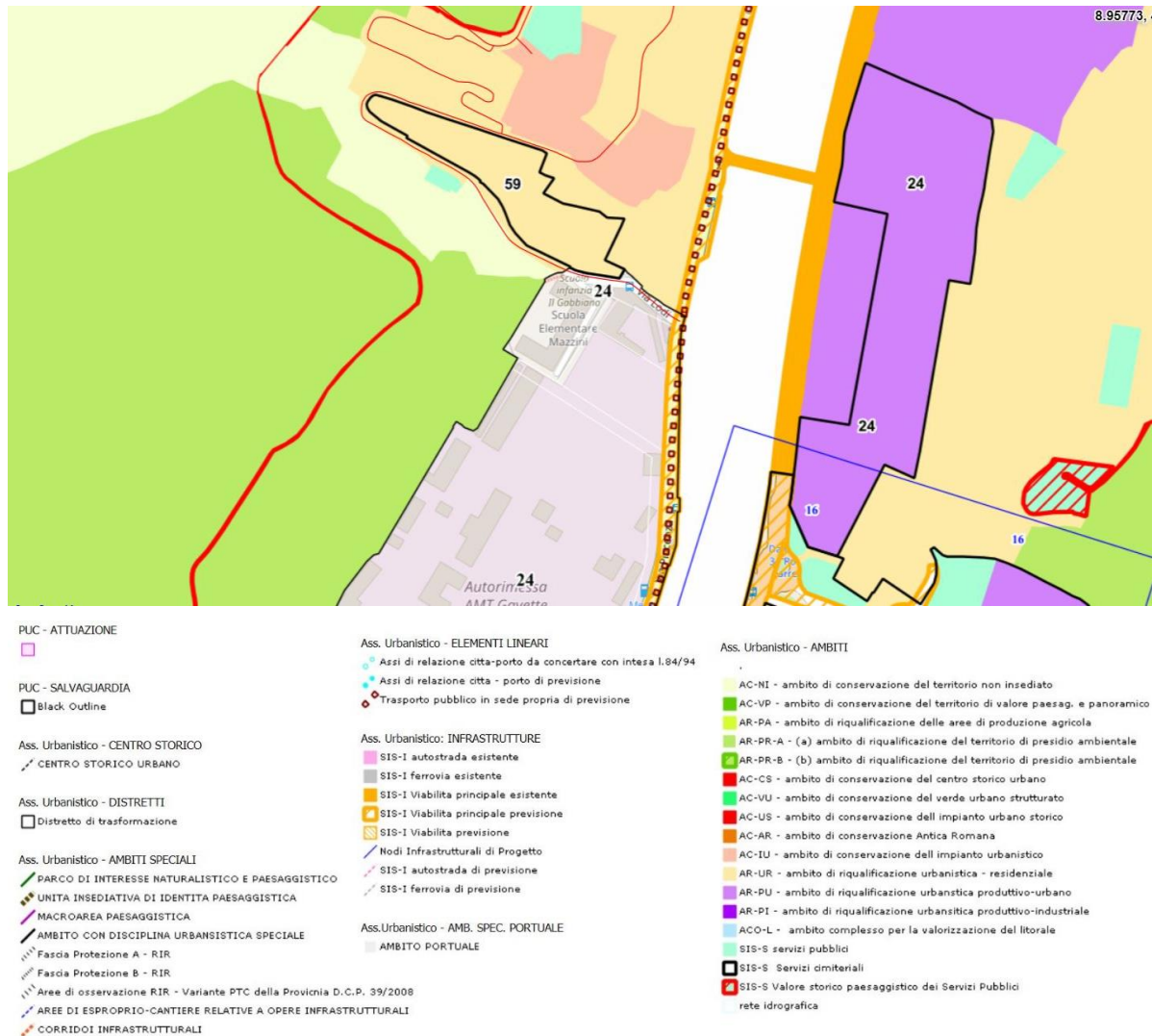
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona "Distretti di trasformazione". In particolare l'edificio in esame rientra nel distretto di trasformazione n. 24 "Gavette".

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio risale all'incirca al 1910 ed è stato interamente ristrutturato presumibilmente negli anni '50 per essere adibito a scuola, pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica degli edifici scolastici in genere 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 degli studenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali sono locate le varie scuole di diverso livello. Al piano terzo è presente la scuola media "Lucarno", mentre al piano secondo, primo e terra sono presenti le scuole materne comunali "Gabbiano" e le scuole elementari "Mazzini". Al piano terra è altresì presente l'asilo nido "I Colori dell'Iride", avente ingresso indipendente, avviato nel 2007 a seguito di una ristrutturazione.

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



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

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

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	Ingresso, palestra, laboratori, teatro, refettorio e mensa, locali di servizio.	[m ²]	1.450	1.230	0
Terra	Asilo nido	[m ²]	260	277	245
Primo	Aule scuole elementari, uffici amministrazione, locali di servizio	[m ²]	1.450	1.230	0
Secondo	Aule scuole elementari e materne, laboratori, locali di servizio.	[m ²]	1.450	1.230	0
Terzo	Scuola media	[m ²]	1.450	1.230	0
TOTALE		[m ²]	6.060	5.197	245

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

Il complesso scolastico sorge in prossimità del fiume Staglieno, ove non risultano esserci vincoli architettonici, paesaggistici e urbanistici dalle verifiche effettuate attraverso i siti di riferimento indicati dall'Amministrazione (<http://svcarto.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>)

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

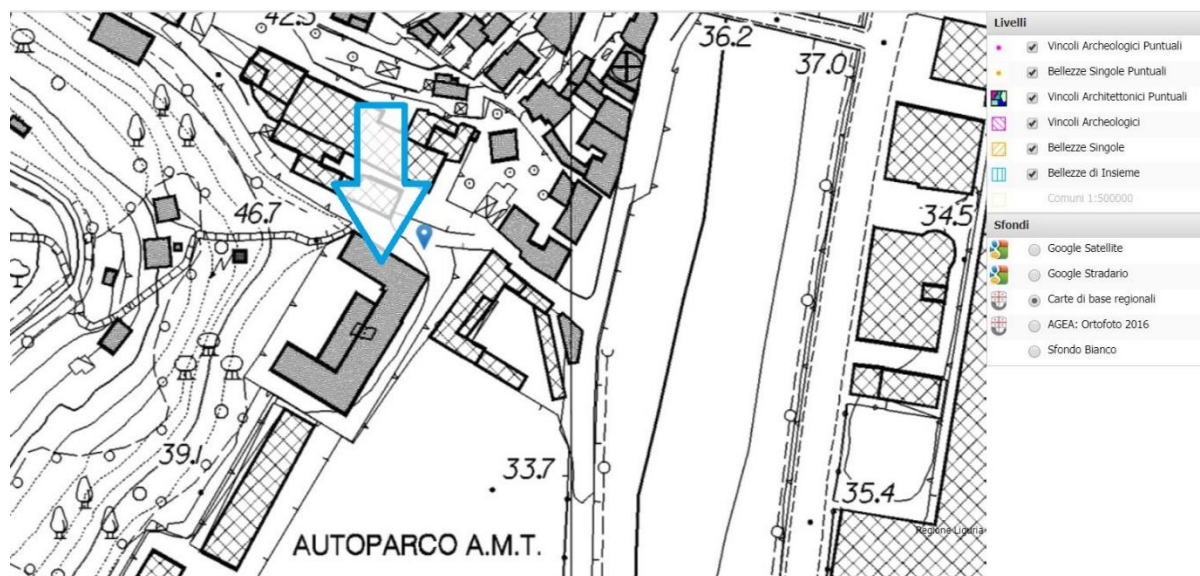


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM1, EEM2, EEM3, EEM4, EEM5	Nessuno		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

Nessuna delle misure precedentemente indicate potrebbe causare 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 ricavati tramite interviste al personale, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati dedotti da interviste al personale e dagli orologi presenti in centrale termica.

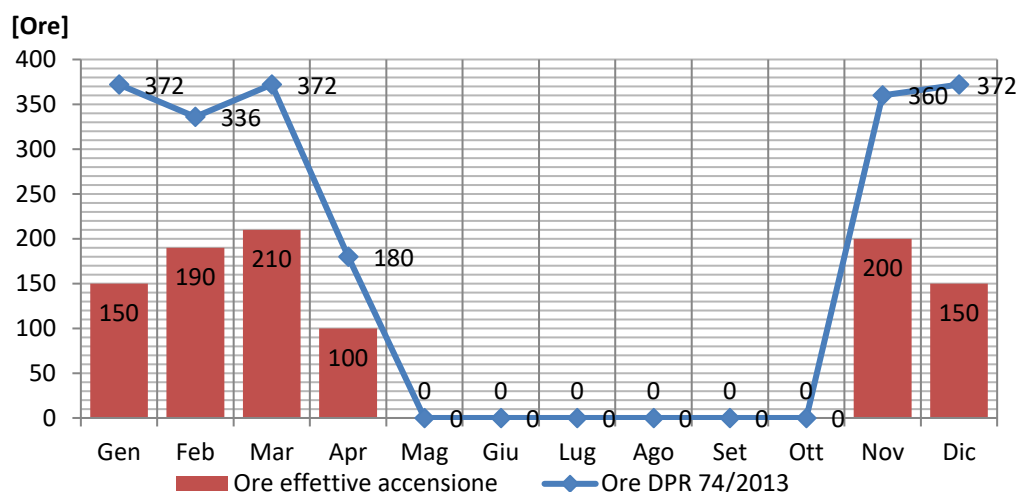
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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 28 Febbraio	Lunedì	8.00 – 18.00; 8:00 – 15.00 (medie)	0.00 – 17.30
	Martedì	8.00 – 18.00; 8:00 – 15.00 (medie)	5:00 – 17:30

	Mercoledì-Venerdì	8.00 – 18.00; 8:00 – 15.00 (medie)	5:00 – 12:00
	dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.30 (Nido)	7:00 – 17:00
	sabato e domenica	-	spento
Dal 1Marzo al 30 Ottobre	tutti i giorni	8.00 – 18.00; 8:00 – 15.00 (medie)	spento
	dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.30 (Nido)	8:00 – 17:00

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura. Le lezioni terminano per le 16:30 (scuole elementari e alcune materne) o alle 14:00 (scuole medie al terzo piano), pertanto nelle ore di tardo pomeriggio (fino alle 18:00), l’impianto rimane acceso a servizio dell’intero edificio, nonostante solamente alcune aule siano utilizzate in questa fascia oraria, principalmente dai docenti per riunioni o consigli disciplinari.

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 921 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	22%
Aprile	30	15,3	15	71	19	12	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	205	111	921	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova - Quezzi.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE (circa 1,8 km in linea d'aria) e fornita di dati climatici completi (temperatura media dell'aria e umidità relativa).

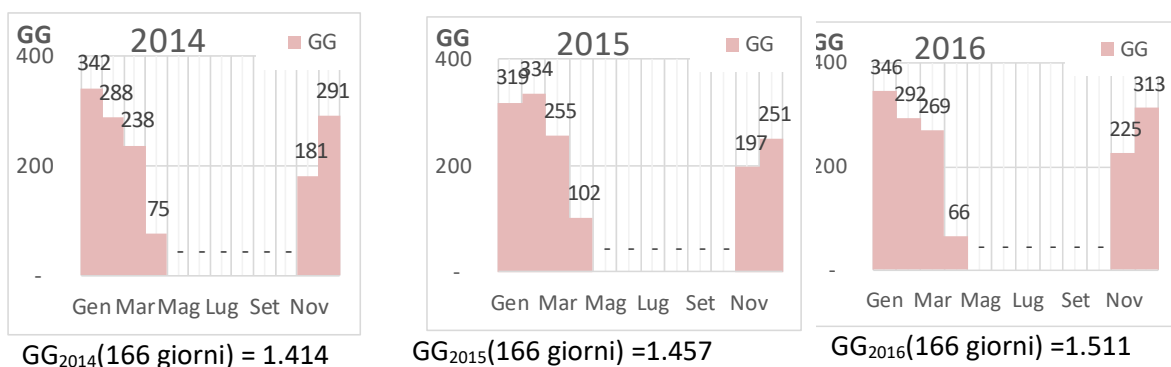
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

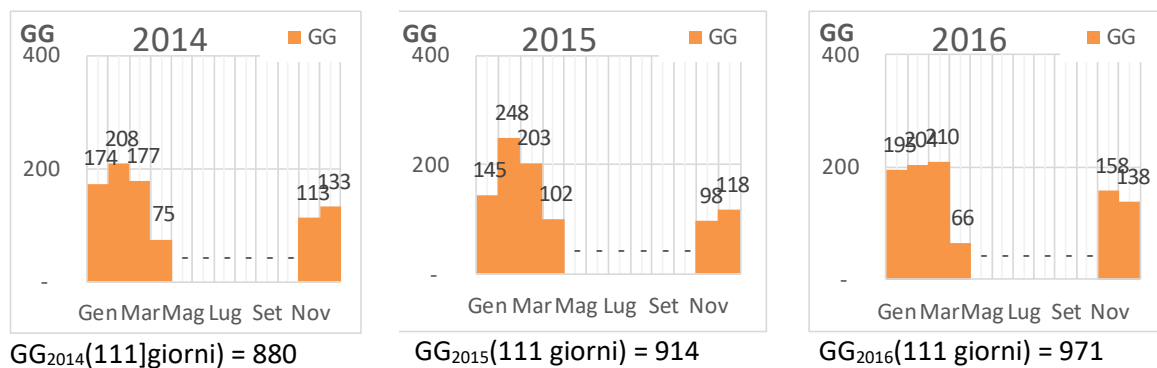


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 922 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile 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 reali in condizioni di effettivo utilizzo presenta dei profili simili a quelli dei GG reali, ma valori inferiori, visto l'effettivo utilizzo degli impianti.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un solo blocco realizzato con le tecniche dell'epoca e dunque caratterizzato da murature portanti in mattoni pieni, pareti interne in laterizi forati e solai con travetti e pignatte.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro – parete interna



Questa soluzione realizzativa incide profondamente sulle dispersioni termiche dell'edificio e non assicura un buon comportamento ai fini dell'isolamento termico.

Figura 4.2 - Particolare della porzione di involucro – solaio e muratura esterna



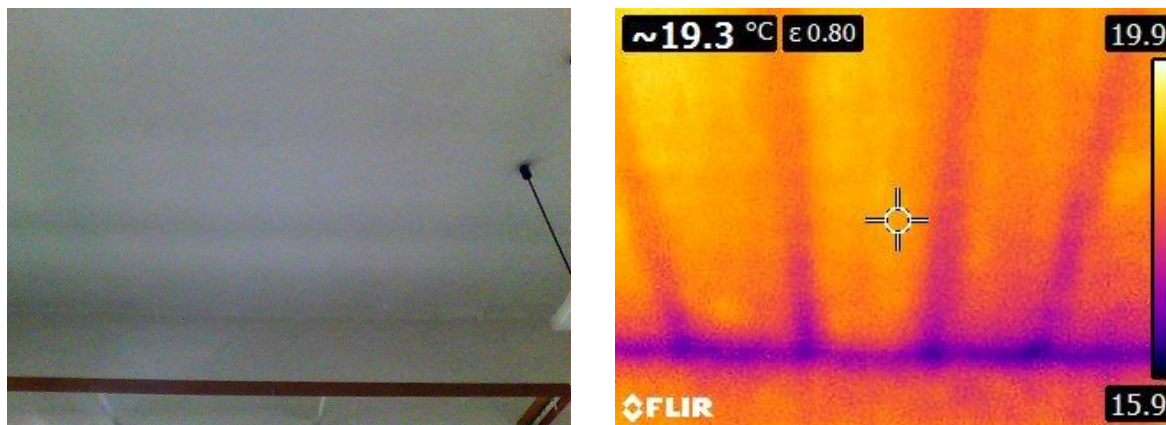
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termocamera secondo le seguenti modalità: individuazione delle zone caratterizzate da una maggiore differenza di temperatura tra esterno ed interno (pareti esposte a nord), ed individuazione delle dispersioni termiche.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'involucro risulta scarsamente performante dal punto di vista dell'isolamento termico, sono presenti ponti termici tra solai e pareti esterne,

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete orizzontale – evidenza delle solette del solaio e dei ponti termici



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Parete verticale	PE01	60	Assente	1,06	Discreto
Parete verticale	PE02	55	Assente	1,13	Discreto
Parete verticale	PE03	30	Assente	1,05	Sufficiente
Parete verticale	PI01	60	Assente	0,96	Discreto
Parete verticale	PI02	50	Assente	1,08	Discreto
Parete verticale	PI03	30	Assente	1,49	Discreto
Parete orizzontale	C01	35	Assente	1,73	Discreto
Parete orizzontale	B01	44,5	Assente	1,62	Discreto
Parete orizzontale	SI01	32	Assente	1,34	Discreto

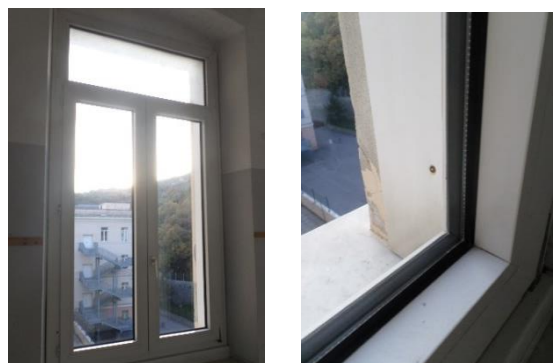
L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio e vetri doppi.

Lo stato di conservazione degli stessi è discreto, non si riscontrano criticità del tipo infiltrazioni di aria o acqua dagli stessi.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti – tipologia presente in tutto l'edificio



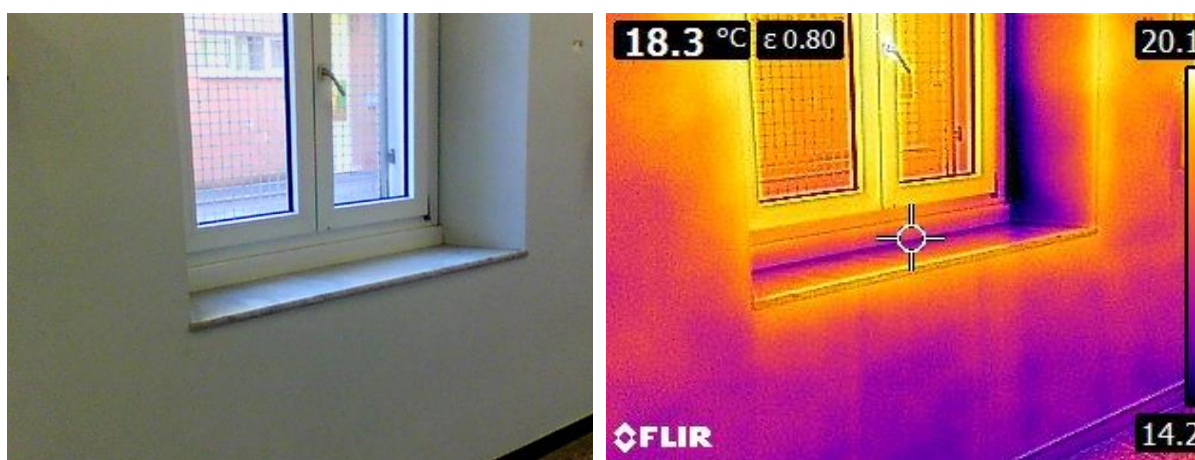
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito secondo le seguenti modalità [...]
- Misura tramite spessivetro dello spessore dei vetri e delle camere d'aria.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il comportamento dell'infisso ai fini dello scambio termico è discreto, più critico è l'isolamento tra infisso e parete.
- Le stratigrafie delle vetrate variano a seconda dell'esposizione. In particolare gli infissi che affacciano verso il cortile interno, esposti dunque a nord o comunque soggetti ad una maggiore ombreggiatura, hanno vetrate del tipo 4-14-4, mentre tutti gli altri infissi hanno vetrate del tipo 4-12-4.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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	120X160	Alluminio	Vetro doppio 4-12-4	2,49	Buono
Serramento verticale	F2	90X160	Alluminio	Vetro doppio 4-12-4	2,49	Buono
Serramento verticale	F3	140X2600	Alluminio	Vetro doppio 4-12-4	2,49	Buono
Serramento verticale	F4	270X160	Alluminio	Vetro doppio 4-12-4	2,48	Buono
Serramento verticale	F5	360X160	Alluminio	Vetro doppio 4-12-4	3,00	Buono
Serramento verticale	F6	120X160	Alluminio	Vetro doppio 4-14-4	2,49	Buono
Serramento verticale	PF1	1000X2400	Alluminio	Vetro doppio 4-14-4	2,91	Buono
Serramento verticale	PF1	1000X2400	Alluminio	Vetro doppio 4-14-4	2,91	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 da una centrale termica, a servizio della scuola materna elementare e media, ed una caldaia murale a servizio dell'asilo nido, posto al piano terra.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa;
- Fancoil a parete;
- Fancoil a soffitto;

Figura 4.6 – Particolare dei fancoil a soffitto installati nell'asilo nido.



Figura 4.7 - Particolare dei radiatori installati a parete



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
Materna Elementare Media	Radiatori	92%
Nido	Fancoils a soffitto	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	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Parete	49	0,33 – 3,24	85,6	0	0
Terra	Soffitto	7	nd	nd	nd	nd
Primo	Parete	48	0,56 – 3,38	78,13	0	0
Secondo	Parete	44	0,35 – 4,05	77	0	0
Terzo	Parete	59	0,42 – 3,38	114,7	0	0
TOTALE		207				

Le potenze dei terminali di emissione sono state ricavate dai dati forniti dalla PA, confrontati in sede di sopralluogo in maniera visiva secondo stime sulla tipologia di radiatore, la dimensione e il numero di elementi.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto a servizio delle scuole materne, elementari e medie avviene l'impostazione degli orari di funzionamento, grazie all'orologio in centrale termica, e tramite regolazione della temperatura di mandata sul valore della temperatura di ritorno rilevato tramite sonda. Non sono presenti altri sistemi di regolazione e controllo.

Per quanto riguarda l'impianto a servizio dell'asilo nido, la regolazione avviene attraverso l'impostazione delle temperature di set-point degli ambienti. Infatti tutti i fancoil sono dotati di termostato ambiente e consentono quindi una regolazione puntuale per singolo ambiente.

Figura 4.8 - Particolare orologio centrale



Figura 4.9 – Sonda Temperatura ritorno centrale

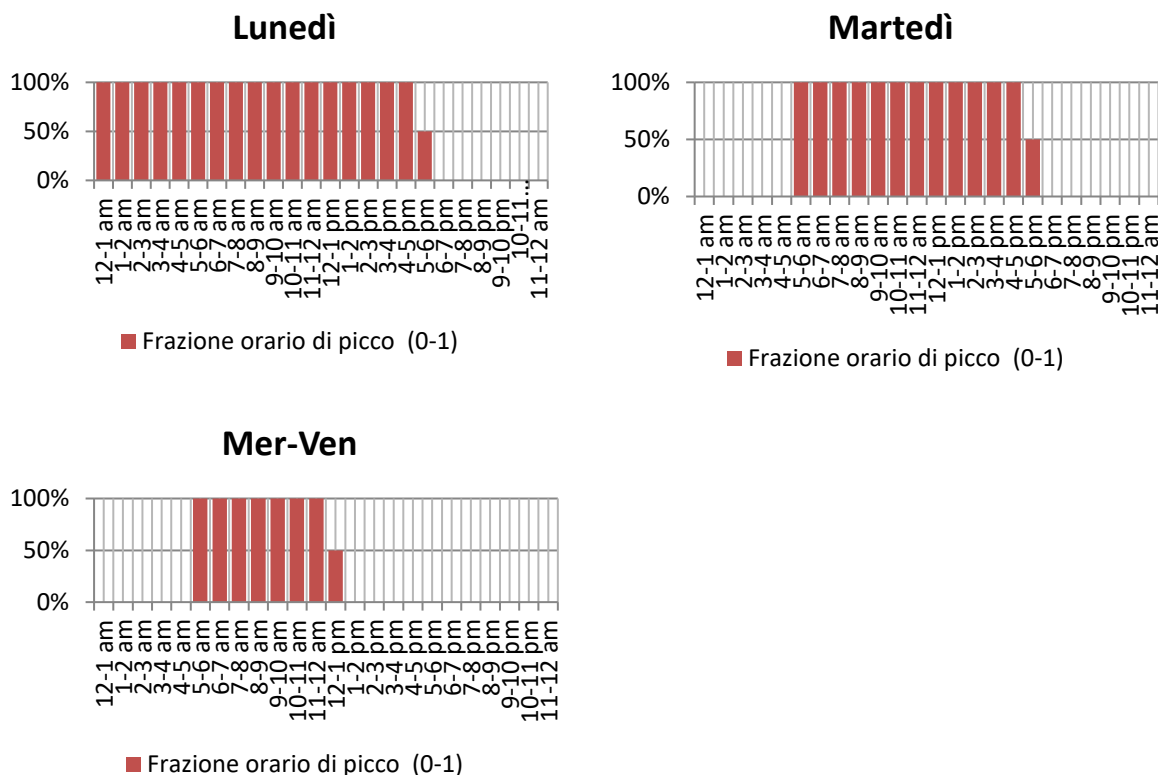


Figura 4.10 – Termostato ambiente fancoil



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti a servizio della ZT01, ricavati dall'orologio presente in centrale. Gli orari di funzionamento per la ZT02 (Asilo nido) sono gestiti manualmente sui singoli terminali attraverso i termostati ambiente di ogni sistema di emissione.

Figura 4.11 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica ZT01



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
Materne Elementari Medie	Su T ritorno	93%
Nido	Ambiente	94%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di mandata dalla centrale termica all'intero edificio, escluso il nido (fluido termovettore acqua);
- 2) Circuito primario di mandata dalla caldaia murale del nido all'asilo nido (fluido termovettore acqua).

1) **Circuito primario n.1:** sono presenti in centrale termica n.2 pompe di circolazione gemellari in parallelo a servire il terzo piano l'una (scuola media), ed i piani restanti l'altra (scuole materne ed elementari) (acqua calda).

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro..**

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME		SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
Pompa gemellare 1	P01	mandata acqua calda a radiatori	22.590		1,6
Pompa gemellare 1	P02	mandata acqua calda a radiatori	22.590		1,6
Pompa gemellare 2	P03	mandata acqua calda a radiatori	8.048		0,57
Pompa gemellare 2	P04	mandata acqua calda a radiatori	8.048		0,57
TOTALE					4,34

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Pompa gemellare 1	Mandata	Caldo	nd	70
	Ritorno	Caldo	40	55
Pompa gemellare 2	Mandata	Caldo	nd	70
	Ritorno	Caldo	40	55

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati il giorno 22/02/2017 alle ore 14.00, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 14°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo, queste non corrispondono al modello di calcolo, in quanto quest'ultimo considera le temperature massime di funzionamento.

I dati riscontrati in sede di sopralluogo fanno riferimento invece a dati di temperatura a regime di funzionamento.

2) **Circuito primario n.2 (asilo nido):** è presente una pompa di circolazione gemellare a valle di un collettore, in cui convergono le mandate del riscaldatore a gas (acqua calda in inverno) e della motocondensante ad aria (acqua fredda in estate), a servire i fancoil dell'asilo nido.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME		SERVIZIO	PORTATA ⁽⁷⁾ m ³ /h	PREVALENZA ⁽⁷⁾ kPa	POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾ kW
Gemellare nido	P05	mandata acqua calda e fredda	3300		0,29
Gemellare nido	P06	mandata acqua calda e fredda	3300		0,29
TOTALE			6600		0,58

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
----------	--	--	---	---------------------------

Gemellare nido	Mandata	Caldo	50	50
	Ritorno	Caldo	48	48

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

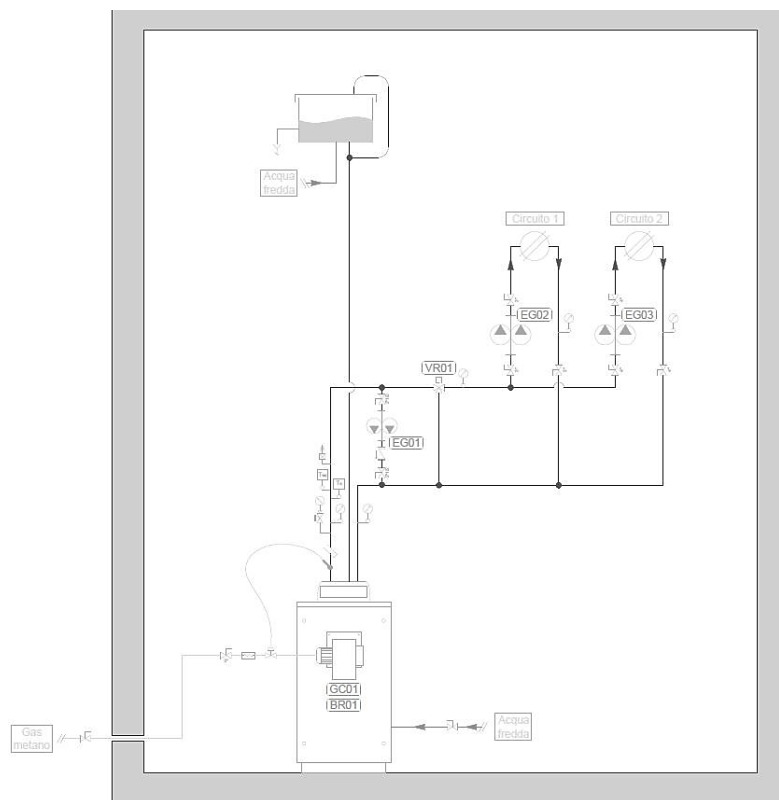
Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (8): Valori rilevati il giorno 16/03/2016 alle ore 12.00, in orario di apertura del museo, con una temperatura esterna di circa 9°C

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

Per quanto riguarda il fluido termovettore freddo non è stato possibile raccogliere dati dal sopralluogo in quanto l'impianto è attivo solamente nella stagione estiva.

Figura 4.12 - Particolare dello schema di impianto della ZT01 (Fonte: 197-P00-015-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 95,4% per la ZT01 e al 95,1% per la ZT02, calcolati con il software certificato Termo, che fa riferimento alla norma uni 11300-2.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica con una caldaia a basamento "FERROLI PRE X N900" a servizio della scuola materna, elementare e media (solo riscaldamento). A servizio dell'asilo nido sono presenti, esternamente alla centrale, una caldaia murale "COSMOGAS CLS 10/25 E", un boiler a gas "COSMOGAS B70ER" ed un gruppo frigo "COSMOGAS FRYO 7 AT IX". Suddetti generatori sono installati sulla parete esterna dell'asilo nido e sono adibiti alla produzione di acqua calda (riscaldamento e ACS) e alla climatizzazione estiva.

Figura 4.13 - Particolare di caldaia a basamento



Figura 4.15 - Caldaia murale



Figura 4.14 - Particolare di bruciatore



Figura 4.16 - Boiler a gas

Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	FERROLI	PRE X N900	ND	1170	1044	89%	-
Gen 2	Riscaldamento e acs	COSMOGAS	CLS 10/25 E	ND	33	30	90%	-

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 87%, calcolato con il software certificato Termo, che fa riferimento alla norma uni 11300-2.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente in alcuni dei servizi igienici.

Figura 4.17 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92,59%	na	99%	75%	nd

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo è effettuata esclusivamente nell'asilo nido grazie alla presenza di un'unità motocondensante ad aria, che fornisce fluido termovettore freddo ai fancoil.

Figura 4.18 - Particolare unità motocondensante



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella tabella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
98%	94%]	98%	assente	EER 2,95	nd

L'elenco dei componenti dell'impianto di climatizzazione estiva rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

La ventilazione meccanica è assente

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro..**

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona 1	PC	15	20	300	200
Zona 1	Ascensore	1	nd	nd	150
Zona 1	LIM	10	500	5000	400
Zona1	Forno	1	1200	1200	250
Zona1	Distrib. auto	3	400	1200	200
Zona2	Forno	1	1700	1700	150

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti al neon di diverse tipologie e taglie.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencate:

- Lampade a neon installate a soffitto o a sospensione nei locali dove è assente il controsoffitto;
- Lampade a neon installate a incasso nei locali dove è presente il controsoffitto;

Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoi



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.14.

Tabella 4.14 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona 1	Neon 4x18	37	52	2.664
Zona 1	Neon 1x36	131	52	4.716
Zona 1	Neon 2x36	235	52	16.920
Zona 1	Neon 2x18	9	36	324
Zona 2	Neon 4x18	24	52	864
Zona 2	Neon 1x18	8	18	144
Zona 2	Neon 1x35	2	35	70

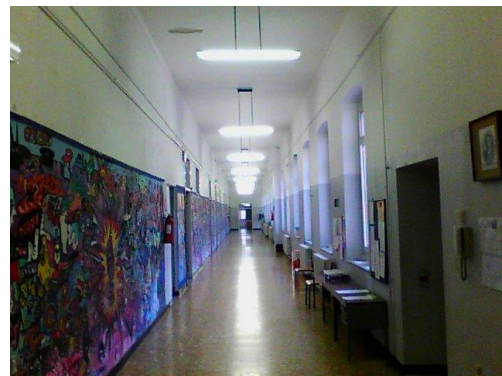
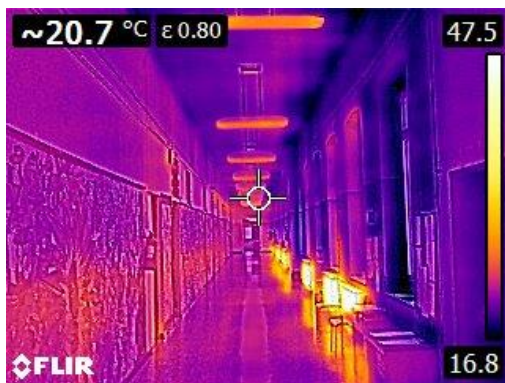
Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici illuminanti si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico per individuare l'entità del calore disperso dagli impianti di illuminazione

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- I corpi illuminanti sono caratterizzati da una discreta dispersione di potenza, rilevabile attraverso l'effetto di dispersione di calore per effetto joule dalle termografie di seguito riportate.

Figura 4.20 – Indagini diagnostiche

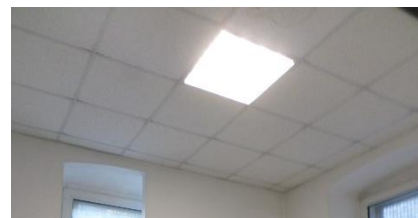


L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell' Allegato J – Schede di audit.

Figura 4.21 - Particolare dei corpi illuminanti a soffitto



Figura 4.22 - Particolare dei corpi illuminanti incassati nel controsoffitto



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

Non è presente alcun impianto di produzione di energia.

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 (solo energia elettrica), 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura e la produzione di ACS dell'asilo nido, è il Gas Metano.

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

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

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

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

La fornitura di [Gas metano] avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1;
- Caldaia e bollitore a gas per il riscaldamento e la produzione di ACS a servizio dell'asilo nido Zona 2;

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 di m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

Tali consumi sono riportati nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** 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]
3270008630017	Riscaldamento	43.841	46.272	45.673	412.983	435.885	430.240

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento.

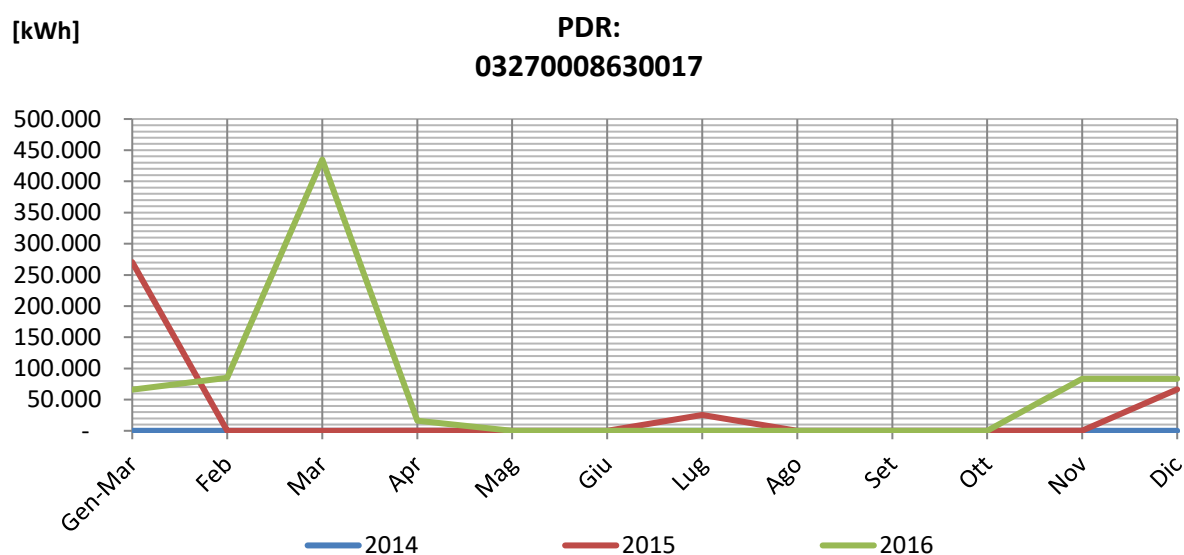
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 03270049123456	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	Fattura mancante	28.712	6.984	nd	270.467	65.789
Febbraio	Fattura mancante		9.027	nd	-	85.034
Marzo	Fattura mancante		46.174	nd	-	434.959
Aprile	Fattura mancante	22	1.702	nd	207	16.033
Maggio	Fattura mancante		-	nd	-	-
Giugno	Fattura mancante	-	-	nd	-	-
Luglio	Fattura mancante	2.718	-	nd	25.604	-
Agosto	Fattura mancante	-	-	nd	-	-
Settembre	Fattura mancante	-	-	nd	-	-
Ottobre	Fattura mancante	-	-	nd	-	-
Novembre	Fattura mancante	48	8.832	nd	452	83.197
Dicembre	Fattura mancante	7.031	8.858	nd	66.232	83.442
Totale	ND	38.531	81.577	nd	362.962	768.455

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 i dati non sono sufficienti a coprire tre annualità complete, ed è possibile effettuare un'analisi degli stessi ed un confronto con i dati forniti dal distributore solo per l'anno 2016. Per questo anno solare il prelievo termico è caratterizzato da un valore minimo pari a zero kWh, e un valore di massimo prelievo di 15.761 kWh.

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.

Non è stato possibile scorporare dal consumo globale (relativo a entrambi gli impianti di generazione presenti) il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria per l'asilo.

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

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

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

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

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REALI} SU 111 GIORNI	GG ^{RIF} SU 111 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 921 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	880	921	43.841	413.100	469,5	432.626	0	0
2015	914	921	46.272	436.007	477,2	439.674	0	0
2016	971	921	45.673	430.363	443,1	408.288	0	0
Media	922	921	45.262	426.490	462,8	426.406	0	0

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una lieve oscillazione dei consumi: tale oscillazione non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più alla variazione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento. Si può notare come nel 2014, con un inverno più freddo, i consumi fossero inferiori rispetto agli anni successivi.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kwh]
\bar{Q}_{ACS}	0
\bar{Q}_{ALTRO}	0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	426.406
$Q_{baseline}$	426.406

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola elementare;
- Scuola materna;
- Scuola media;
- Asilo nido.

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione 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]
IT001E00122555	Tutte	68.522	61.585	60.353	63.487
TOTALE		68.522	61.585	60.353	EEbaseline 63.487

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX_rev09) e sono emerse le seguenti differenze: la media dei consumi forniti dalla PA è superiore a quella dei dati elaborati di una quota pari al 4%.

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 63.487 kWh.

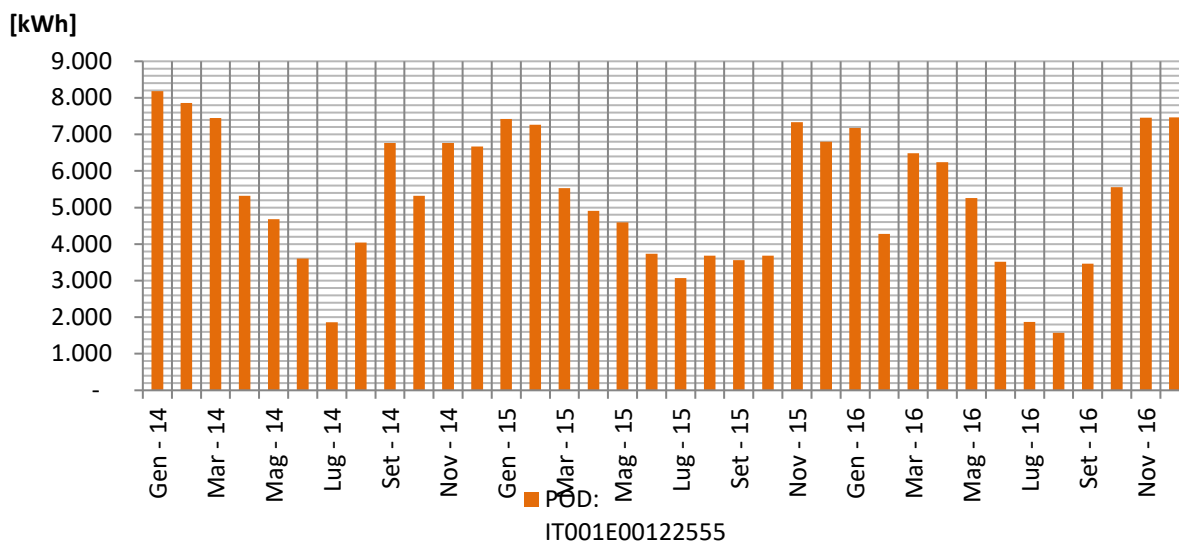
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.559	1.015	1.607	8.181
Febbraio	5.462	1.057	1.340	7.859
Marzo	4.982	1.040	1.423	7.445
Aprile	3.466	735	1.116	5.317

Maggio	2.716	782	1.183	4.681
Giugno	1.921	658	1.026	3.605
Luglio	617	437	808	1.862
Agosto	2.523	671	849	4.043
Settembre	4.694	793	1.281	6.768
Ottobre	3.505	813	1.005	5.323
Novembre	4.694	793	1.281	6.768
Dicembre	4.451	830	1.389	6.670
Totale	44.590	9.624	14.308	68.522
POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.927	946	1.548	7.421
Febbraio	5.040	924	1.301	7.265
Marzo	3.686	759	1.082	5.527
Aprile	3.198	670	1.044	4.912
Maggio	2.631	758	1.205	4.594
Giugno	2.024	670	1.044	3.738
Luglio	1.642	577	853	3.072
Agosto	2.103	656	921	3.680
Settembre	2.035	635	891	3.561
Ottobre	2.104	655	921	3.680
Novembre	5.160	848	1.327	7.335
Dicembre	4.579	768	1.453	6.800
Totale	39.129	8.866	13.590	61.585
POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.738	900	1.541	7.179
Febbraio	2.763	591	926	4.280
Marzo	4.334	900	1.253	6.487
Aprile	3.573	1.020	1.649	6.242
Maggio	3.424	757	1.076	5.257
Giugno	1.859	647	1.011	3.517
Luglio	654	443	777	1.874
Agosto	564	375	634	1.573
Settembre	2.072	620	768	3.460
Ottobre	3.678	826	1.053	5.557
Novembre	4.990	980	1.487	7.457
Dicembre	4.213	1.246	2.011	7.470
Totale	36.862	9.305	14.186	60.353

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.

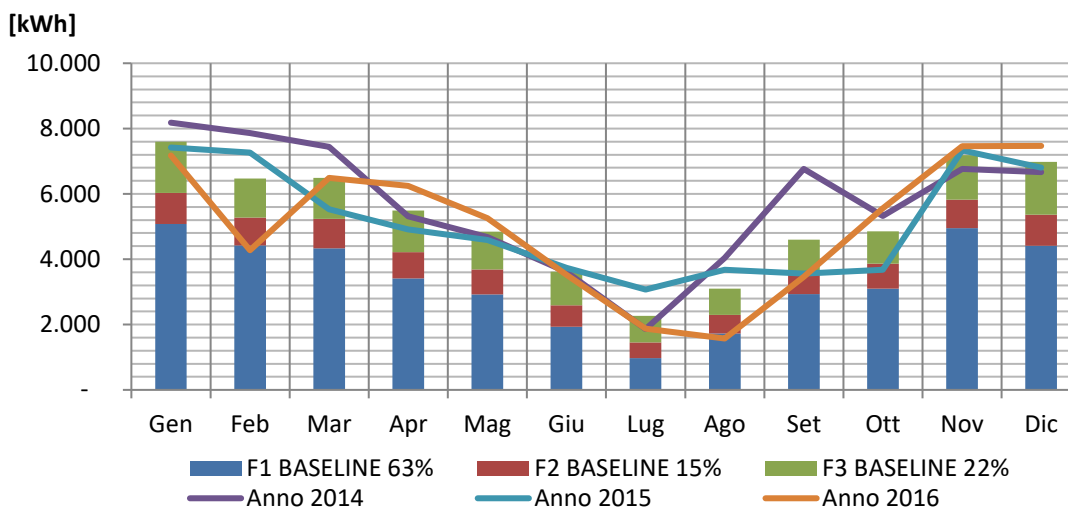
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.075	954	1.565	7.594
Febbraio	4.422	857	1.189	6.468
Marzo	4.334	900	1.253	6.486
Aprile	3.412	808	1.270	5.490
Maggio	2.924	766	1.155	4.844
Giugno	1.935	658	1.027	3.620
Luglio	971	486	813	2.269
Agosto	1.730	567	801	3.099
Settembre	2.934	683	980	4.596
Ottobre	3.096	765	993	4.853
Novembre	4.948	874	1.365	7.187
Dicembre	4.414	948	1.618	6.980
Totale	40.194	9.265	14.028	63.487

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti col profilo di utilizzo dell'edificio, tranne che per il mese di agosto, in cui si riscontra un consumo anomalo, in un periodo di inutilizzo dell'edificio. La presenza di un consumo di base anche nei mesi estivi può essere dovuto in parte agli oneri di consumo fissi in parte alla presenza di personale addetto all'amministrazione all'interno della scuola anche nei mesi estivi.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non sono disponibili informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica.

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

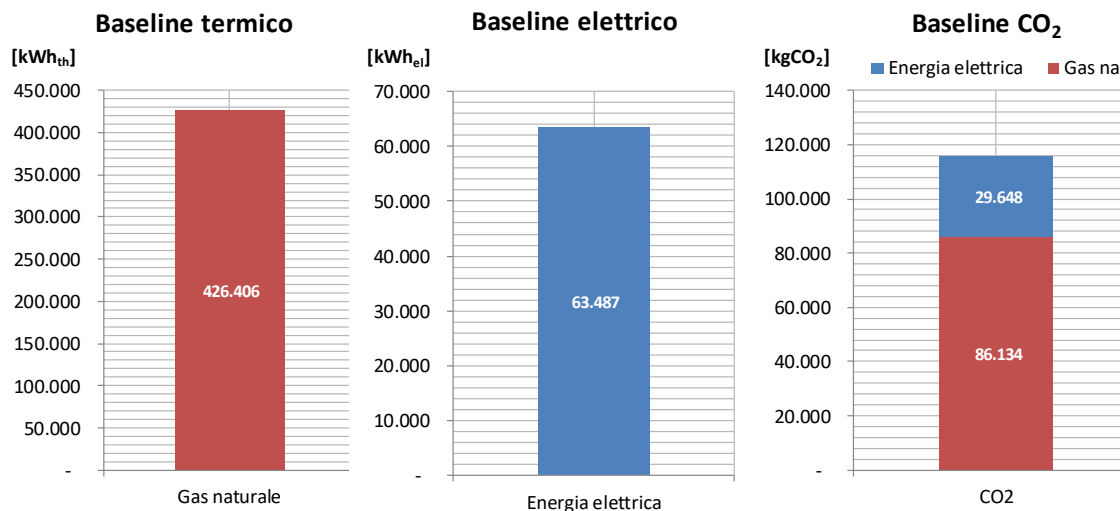
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]

[Energia elettrica]	63.487	* 0,467	29.648
[Gas naturale]	426.406	* 0,202	86.134

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

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

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

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	5.197	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	6.060	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	29.901	m ³

Nella Tabella 5.13 e

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

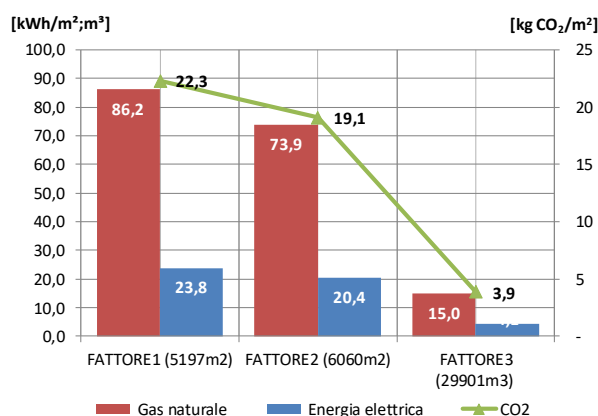
Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]
Gas naturale	426.406	1,05	447.726	86,2	73,9	15,0	16,57	14,21	2,88

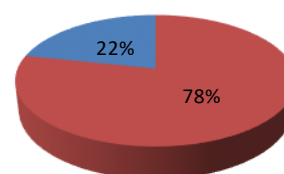
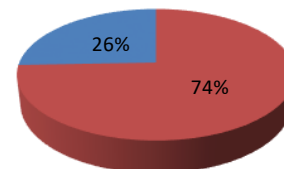
Energia elettrica	63.487	2,42	153.638	29,6	25,4	5,1	5,70	4,89	0,99
TOTALE			601.364	116	99	20	22	19	4

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	426.406	1,05	447.726	86,2	73,9	15,0	16,57	14,21	2,88
Energia elettrica	63.487	1,95	123.799	23,8	20,4	4,1	5,70	4,89	0,99
TOTALE			571.525	110	94	19	22	19	4

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

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

- Superficie lorda ai piani dell'edificio A_p;

- Fattore F_h relativo all'orario di occupazione, così come precedentemente
La formula per il calcolo dell'indice è la seguente:

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	19,8	20,1	18,7	na	na	na
Energia elettrica	na	na	na	31,9	28,7	28,1

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo Per tutti gli indici una prestazione insufficiente, ad esclusione dell'indice relativo al riscaldamento per le scuole materne, che è risultato sufficiente.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	139,1	133,7
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	120,3	118,4
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,3	1,2
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	1,4	1,2
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	16,1	13,0
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,0	0,0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	26,8	26,8

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [m ³ /anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	58.228	0
Energia Elettrica	0	60.116

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

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

Dove:

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

- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell'edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

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

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

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

Nota (*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando i profili realistici di utilizzo e fruizione dell'edificio e i dati climatici medi delle annualità analizzate (2014-2015 e 2016) laddove superiori ai valori da norma.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	-	115,2
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	100,5	98,7
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,3	1,2
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	1,5	1,2
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	17,4	14,0

Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,0	0,0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	23,3	23,3

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	47.550	
Energia Elettrica		65.000

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]	[%]
447.919	426.406	4,8%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
65.000	63.487	2%

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

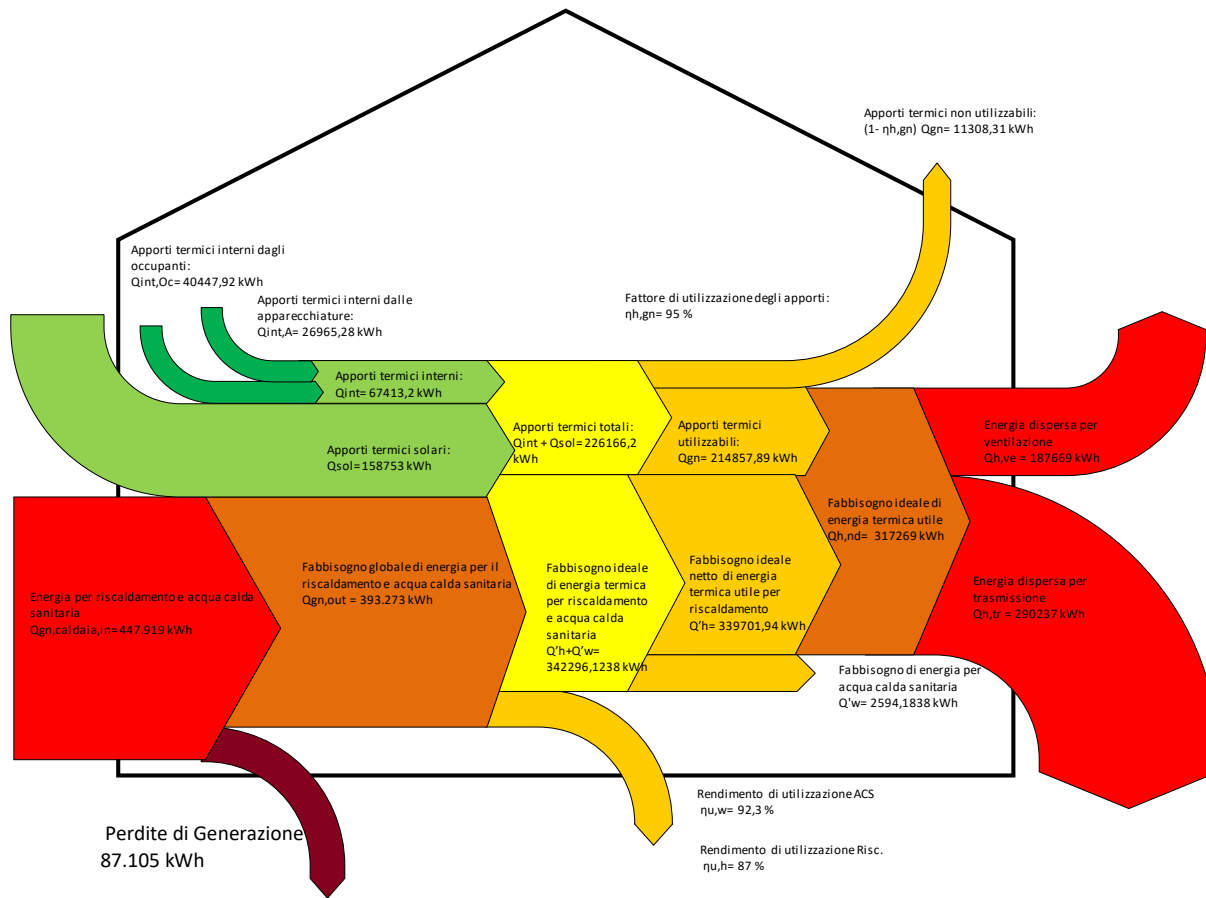
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

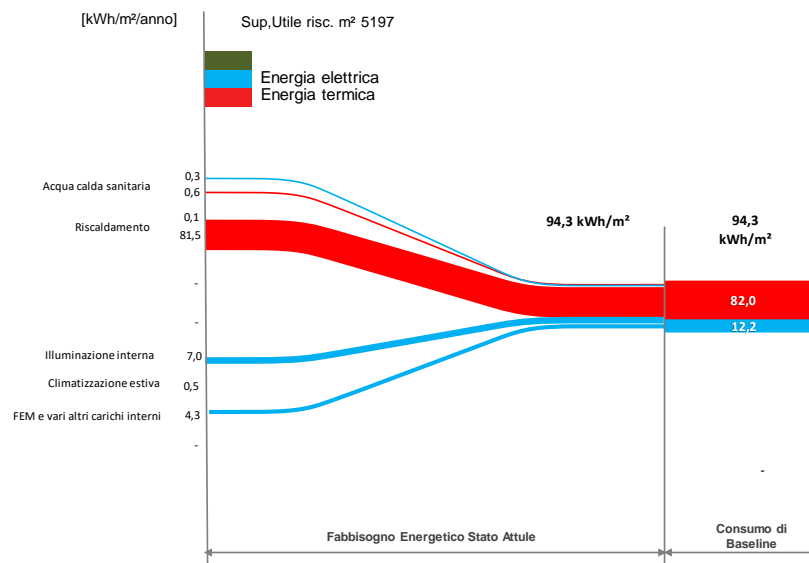
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che le perdite di generazione, dovute alla caldaia obsoleta, non sono trascurabili e contribuiscono alla dispersione energetica dell’edificio. Si osserva inoltre che La quota di energia dispersa per trasmissione è superiore a quella dispersa per ventilazione, vista la scarsa capacità di isolamento dell’involucro.

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

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



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

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

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

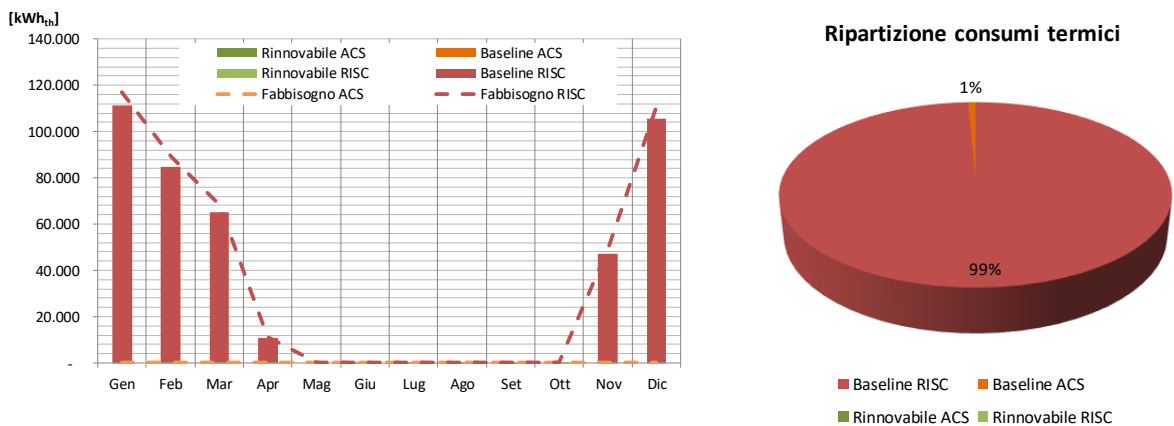
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



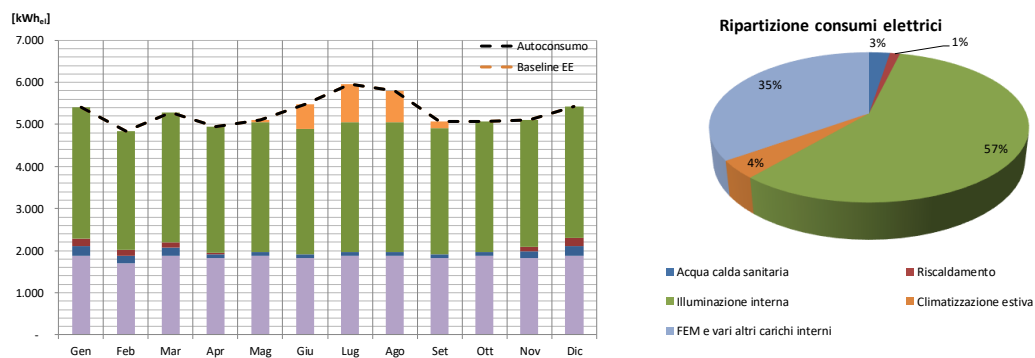
Si può notare che la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo per il riscaldamento dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti.

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 (solo energia elettrica) – 2015 – 2016.

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR – 03270008630017: 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.

Nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

PDR: 03270049123457	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	nd	Eni	Energetic
Inizio periodo fornitura	nd	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	01/04/2016	01/04/2017
Classe del contatore	nd	CLASSE CORRETTORE (G0004)	con correttore automatico
Tipologia di contratto	nd	Utenze con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	nd	oP1208	nd
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	1	1
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	nd	38,190 (superiore)	38,972(Sup)
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	nd	0,25 €/Smc	0,19 €/Smc

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

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

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia.

Nella 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: 03270049123457	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[KWH]
Gennaio	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Febbraio	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante

Marzo	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Aprile	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Maggio	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Giugno	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Luglio	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Agosto	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Settembre	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Ottobre	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Novembre	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Dicembre	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante
Totale	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]
PDR: 03270049123457	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]
Gennaio	12.301	283	3.669	6.042	-	22.296	270.467	0,082
Febbraio		trimestrale (vedi gennaio)				-		0,082
Marzo		trimestrale (vedi gennaio)				-		0,082
Aprile - luglio	6	12	2	5	-	24	207	0,118
Maggio		trimestrale (vedi aprile)				-	-	0,118
Giugno		trimestrale (vedi aprile)				-	-	0,118
Luglio	764	15	237	571	-	1.587	25.604	0,062
Agosto	-	4	-	-	-	4	-	-
Settembre	-	4	-	-	0	4	-	-
Ottobre	-	4	-	-	-	4	-	-
Novembre	15	8	1	11	-	35	452	0,076
Dicembre	1.923	4	644	1.478	-	4.049	66.232	0,061
Totale	15.009	333	4.553	8.108	0	28.003	362.962	0,077
PDR: 03270049123457	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]
Gennaio	1.899	4	631	1.449	-	3.983	65.789	0,061
Febbraio	2.307	4	953	1.867	-	5.131	85.034	0,060
Marzo	9.749	3	3.486	8.001	2	21.242	434.959	0,049
Aprile (eni)	337	89	163	360	-	949	16.033	0,059
Conguaglio 2016 eni	4	89	-	-	-	93	-	-
Aprile (energetic)	-	89	-	-	-	89	-	-
Maggio	-	89	-	-	-	89	-	-
Giugno	-	89	-	-	-	89	-	-
Luglio	-	89	-	-	-	89	-	-
Agosto	-	89	-	-	-	89	-	-
Settembre	2.082	89	757	1.871	-	4.798	83.197	0,058

Ottobre	2.073	89	759	1.876	-	4.797	83.442	0,057
Novembre	18.452	810	6.749	15.425	2	41.438	768.455	0,054
Dicembre	1.899	4	631	1.449	-	3.983	65.789	0,061
Totale	2.307	4	953	1.867	-	5.131	85.034	0,060

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

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

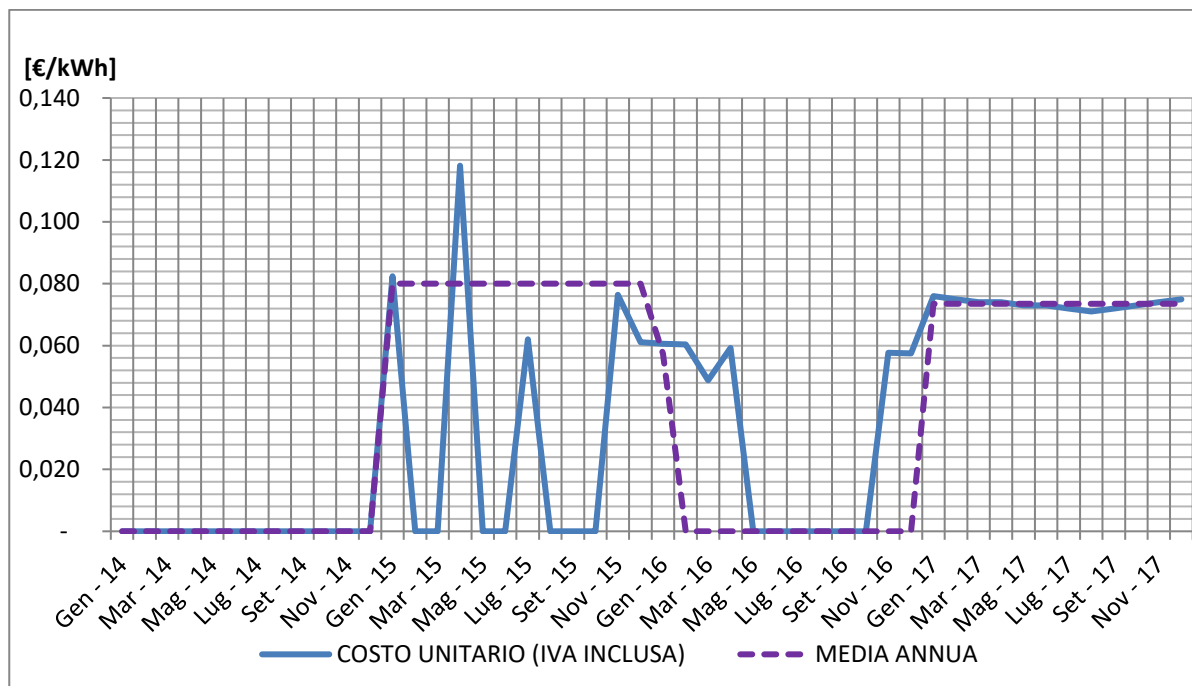
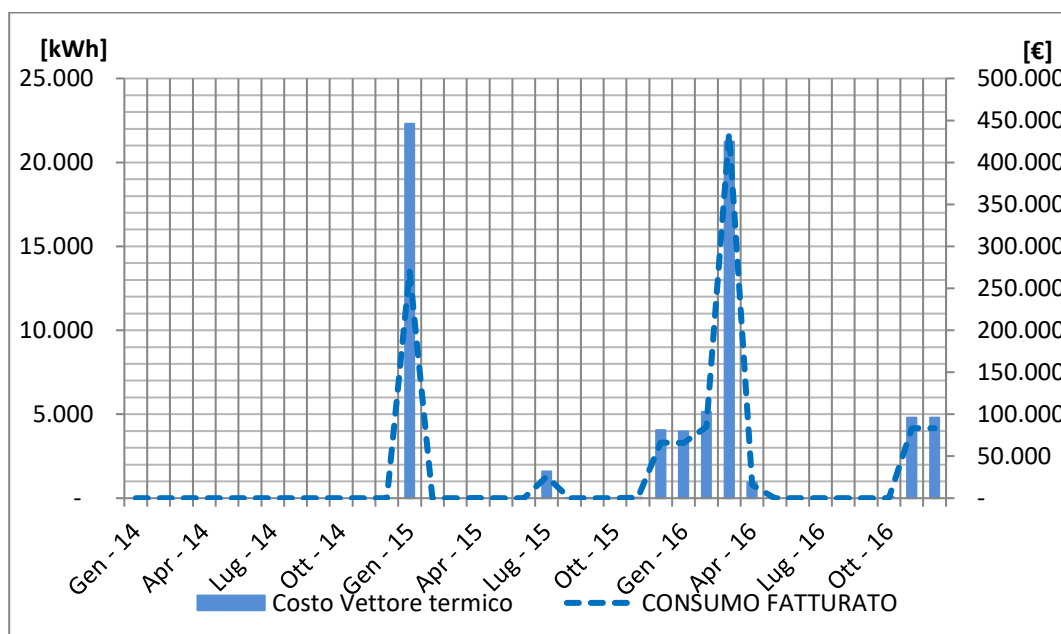


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è stato molto variabile, soprattutto nell'anno 2015, in presenza del fornitore Eni.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un POD presente all'interno dell'edificio:

- POD 1 – IT001E00012345: 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, dove disponibili le fatture.

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: IT001E00012345	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	31/03/2017
Potenza elettrica impegnata	53 kW	53 kW	53 kW
Potenza elettrica disponibile	53 kW	53 kW	53 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova-2013-NEW	CONSIP EE12 - Lotto 2	[...]
Prezzi della fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,071	0,055	0,048

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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia elettrica.

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: IT001E00122555	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	352	58	470	62	94	1.047	4.929	0,212
Feb - 14	612	102	710	98	152	2.380	11.111	0,214
Mar - 14	576	96	675	93	144	1.585	7.445	0,213
Apr - 14	409	93	522	66	109	1.203	5.317	0,226
Mag - 14	354	81	443	59	94	1.028	4.681	0,220
Giu - 14	269	62	355	45	73	804	3.605	0,223
Lug - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	0,220
Ago - 14	132	30	183	23	37	406	1.862	0,218

Set - 14	307	65	396	51	82	901	4.043	0,223
Ott - 14	406	78	522	67	107	1.180	5.323	0,222
Nov - 14	511	99	659	85	135	1.489	6.768	0,220
Dic - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	0,219
Totale	3.928	763	4.937	648	1.028	12.022	55.084	0,218
POD: IT001E00122555	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	1.014	195	1.341	176	273	2.998	14.091	0,213
Feb - 15	494	96	675	91	136	1.491	7.265	0,205
Mar - 15	459	93	644	88	128	1.413	7.067	0,200
Apr - 15	183	50	358	50	66	707	3.997	0,177
Mag - 15	116	87	391	48	64	707	3.490	0,203
Giu - 15	143	42	308	42	55	590	3.353	0,176
Lug - 15	52	8	137	14	21	231	1.083	0,214
Ago - 15	173	30	391	48	64	707	3.860	0,183
Set - 15	146	35	300	44	53	578	3.511	0,165
Ott - 15	115	34	309	39	50	547	3.126	0,175
Nov - 15	192	27	597	67	88	970	5.328	0,182
Dic - 15	776	86	1.527	171	256	2.816	13.697	0,206
Totale	3.864	783	6.976	878	1.254	13.754	69.868	0,197
POD: IT001E00122555	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	110	37	300	41	50	538	3.282	0,164
Feb - 16	356		753	102	125	1.336	8.177	0,163
Mar - 16	705	579	2.049	273	361	3.967	21.864	0,181
Apr - 16	227	103	437	216	98	1.081	6.242	0,173
Mag - 16	211	86	370	197	86	951	5.257	0,181
Giu - 16	150	58	252	149	61	669	3.517	0,190
Lug - 16	91	41	140	58	33	362	1.874	0,193
Ago - 16	66	34	119	56	28	303	1.573	0,193
Set - 16	176	75	247	141	63	697	3.460	0,202
Ott - 16	357	90	392	216	105	1.160	5.557	0,209
Nov - 16	537	119	522	266	144	1.580	7.335	0,215
Dic - 16	503	117	523	263	141	1.546	7.470	0,207
Totale	3.488	1.338	6.103	1.979	1.295	14.190	73.090	0,194

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

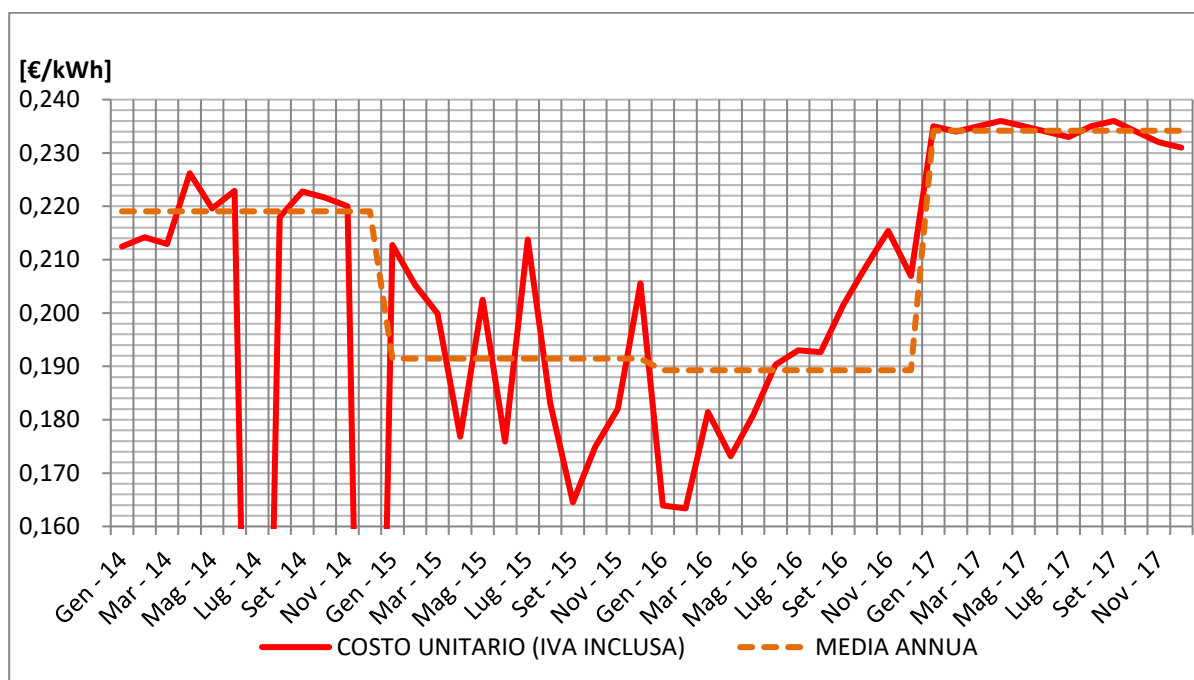
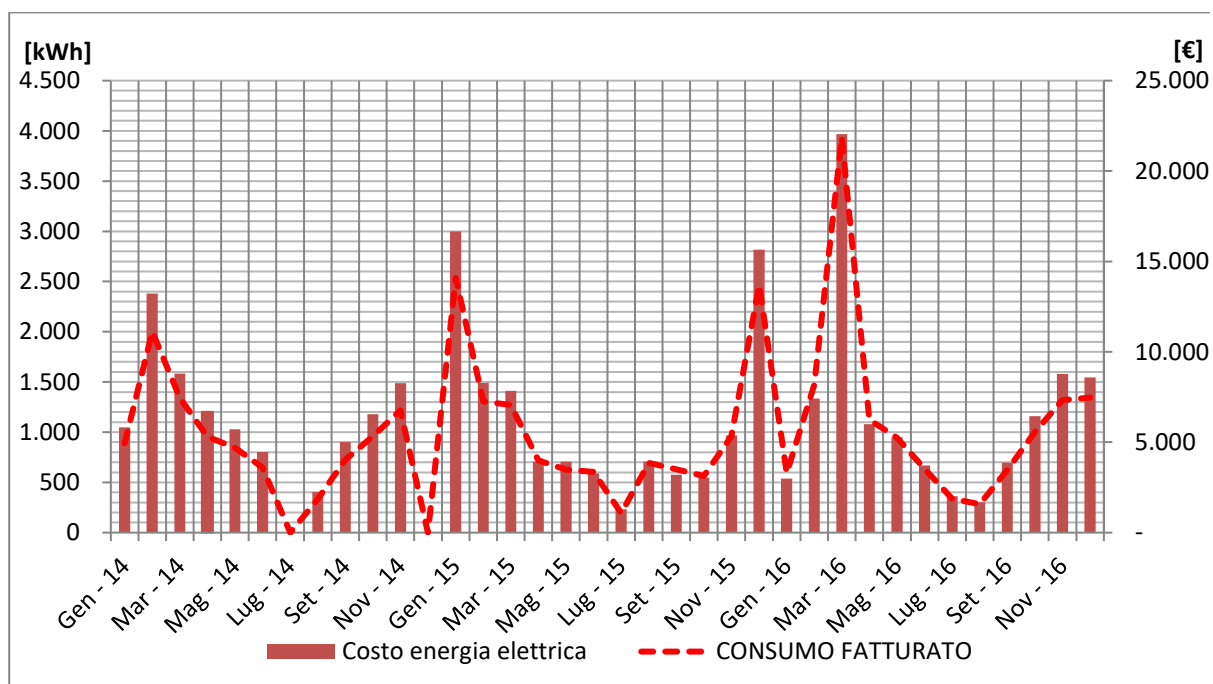


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è stato molto variabile negli ultimi 3 anni.

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	ND	ND	ND	42.993,00	8.568,17	0,20	ND
2015	9.802,00	5.682,81	0,58	46.249,00	8.513,92	0,18	ND
2016	72.745,00	36.471,31	0,50	36.421,00	6.446,98	0,18	ND
2017	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Media	Dati non confrontabili	Dati non confrontabili	0,541	Dati non confrontabili	Dati non confrontabili	0,187	nd

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

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

Definizione	Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ} 0,077 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE} 0,232 [€/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:

- L1-042-197: servizio SIE3 – solo manutenzione

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a € 6.926,79.

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o € 7.606	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s € 845	[€/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:

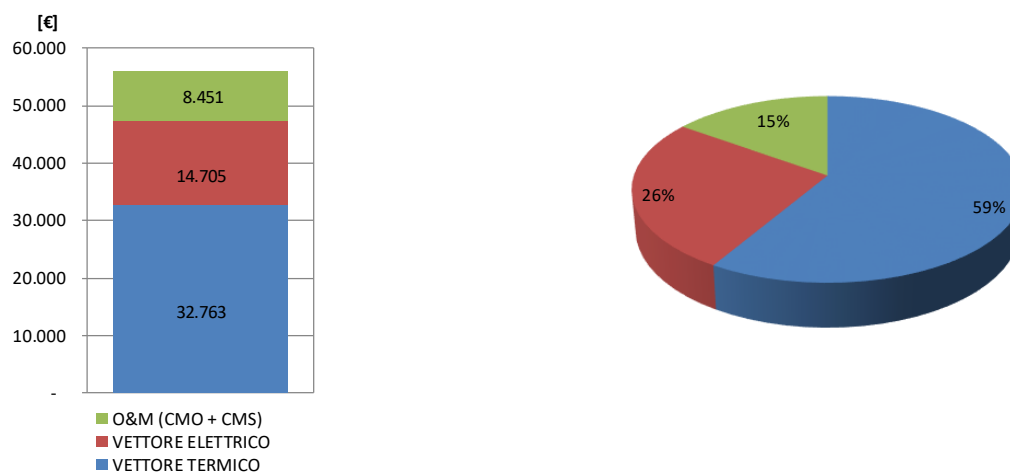
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 67.698 e un C_{baseline} pari a € 76.798

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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
426.406	0,077	32.763	63.487	0,232	14.705	8.451	7.606	845	55.919

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

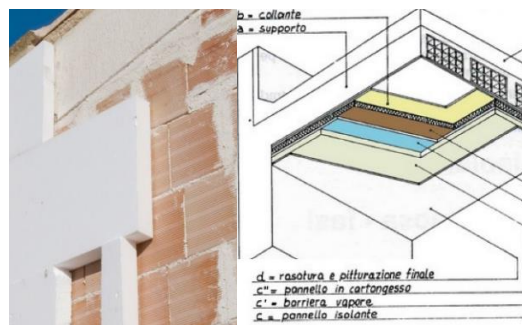
8.1.1 Involucro

EEM1: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Generalità

La misura prevede l'isolamento delle superfici disperdenti delimitanti il volume riscaldato al fine di aumentarne le prestazioni di scambio termico verso l'esterno e diminuire di conseguenza il fabbisogno energetico necessario per il riscaldamento.

Figura 8.1 – Esempio tipo di coibentazione a cappotto e isolamento del solaio di copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nell'applicare uno strato di materiale isolante direttamente in corrispondenza dell'involucro esterno, sia esso verticale o orizzontale. Per la sua realizzazione è necessario valutare che il sovraccarico causato dalla posa dei pannelli sia compatibile con la struttura e che il piano di posa sia impermeabilizzato.

L'isolamento costituisce una tecnica di retrofit per ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro edilizio e per migliorare il comfort termico ed acustico degli utenti; si ottiene il miglioramento del comfort abitativo in quanto la presenza di un isolamento fa sì che la temperatura superficiale sia più vicina a quella ambiente, evitando la formazione di condensa e muffe sulla superficie interna. Lo strato isolante verrà posizionato quando possibile oltre lo strato resistente, in modo tale da proteggerlo dagli sbalzi termici, da sfruttarne l'inerzia termica e da diminuire il rischio di condensa interstiziale.

La copertura risulta essere in buono stato manutentivo, con guaina isolante che non presenta infiltrazioni e deterioramenti. Per questo motivo il solaio di copertura verrà isolato dall'interno, soluzione ritenuta fattibile dall'elevata altezza interpiano, e conveniente dal punto di vista economico.

Descrizione dei lavori

Sarà necessario scegliere tipologie di pannelli isolanti caratterizzati da ridotta conducibilità termica, elevata densità e buona permeabilità alla diffusione del vapore acqueo, al fine di ottenere una trasmittanza termica contenuta ed una buona permeabilità al vapore. L'intervento permette di ottenere riduzioni nei valori di trasmittanza termica fino all'80% - 90%, in relazione al tipo di isolamento realizzato.

Andrà inoltre verificata l'assenza di formazione di condensa.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.3

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento - trasmittanza]	[W/m ² K]	1,13	0,255	77,4%
Q _{teorico}	[kWh]	447.919	257.620	42,5%
EE _{teorico}	[kWh]	65.000	65.000	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	426.406	245.247	42,5%
EE _{baseline}	[kWh]	63.487	63.487	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	86.134	49.540	42,5%

Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.648	29.648	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	115.782	79.188	31,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	32.763	18.844	42,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.705	14.705	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.468	33.549	29,3%
C _{MO}	[€]	7.606	7.225	5,0%
C _{MS}	[€]	845	803	5,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.451	8.028	5,0%
OPEX	[€]	55.919	41.577	25,6%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

EEM2: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

Generalità

Il fabbisogno energetico necessario alla climatizzazione è fortemente dipendente dal volume che necessita di essere riscaldato e/o raffreddato.

L'installazione sull'involucro di soluzioni architettoniche che consentano la diminuzione della cubatura che necessita di climatizzazione possono contribuire notevolmente alla diminuzione del fabbisogno di energia necessaria in proposito.

Tali soluzioni dovranno sempre tener conto del comfort e del benessere degli utenti dell'edificio, rispettando i limiti architettonici imposti dalle vigenti normative in campo di salute e sicurezza.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nell'installare un sistema di controsoffittatura ove consentito dell'altezza dei locali.

La controsoffittatura consente di diminuire il volume riscaldato e/o raffrescato senza compromettere il comfort interno dei locali, permettendo dunque una diminuzione del fabbisogno energetico necessario per la climatizzazione.

L'intervento prevede quindi l'installazione di un controsoffitto nelle aule, nei corridoi e nei bagni.

La superficie dove sarà possibile installare il controsoffitto si estende per 4800 mq, e i pannelli verranno installati a quote diverse, al fine di rendere l'altezza utile dei locali pari a 3m. nelle aule e 2,5 m nei corridoi e nei bagni. La conseguente diminuzione del volume riscaldato sarà del 18% circa.

Descrizione dei lavori

È prevista l'installazione di una struttura composta da profilati in acciaio su cui verrà applicato il controsoffitto in cartongesso.

Figura 8.2 - Particolare installazione controsoffitti



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.4.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento - Volume riscaldato]	[m ³]	29902	19980	33,2%
Q _{teorico}	[kWh]	447.919	321.963	28,1%
EE _{teorico}	[kWh]	65.000	63.700	2,0%
Q _{baseline}	[kWh]	426.406	306.500	28,1%
EE _{baseline}	[kWh]	63.487	62.217	2,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	86.134	61.913	28,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.648	29.055	2,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	115.782	90.968	21,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	32.763	23.550	28,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.705	14.411	2,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.468	37.961	20,0%
C _{MO}	[€]	7.606	7.606	0,0%
C _{MS}	[€]	845	820	3,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.451	8.425	0,3%
OPEX	[€]	55.919	46.387	17,0%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

8.1.2 Impianto di riscaldamento

EEM3: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore attualmente installato con un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza al fine di migliorare il rendimento di generazione.

L'installazione di un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza consente di aumentare il rendimento di generazione, inteso come rapporto tra l'energia termica fornita al sistema di distribuzione e l'energia termica in ingresso al generatore (attualmente pari a circa l'87%). Inoltre, essendo l'attuale generatore piuttosto vetusto, con il tempo cresce il rischio di possibili rotture e quindi la sostituzione si configura come un intervento di manutenzione preventiva.

Figura 8.3 - Particolare del generatore di calore attualmente installato



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede il rifacimento completo della centrale termica.

In particolare l'intervento consiste nell'installazione di un nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore di centrale.

Il generatore è completo di rampa a gas, organi di sicurezza e controllo, circolatore elettronico circuito primario, separatore idraulico, interfaccia sistema di controllo centrale.

Si prevede inoltre la sostituzione del bruciatore esistente con altro bruciatore di tipo modulante, con regolazione climatica direttamente su di esso.

Nei costi di intervento sono state considerate tutte le opere accessorie (smaltimento della centrale presente, rifacimento impianto elettrico di centrale, addolcitore, nuovo sistema di regolazione, nuovo sistema di distribuzione del fluido vettore, ecc.)

Sono stati considerati gli incentivi ottenibili in conto termico, considerando anche l'installazione di valvole termostatiche e di pompe munite di motori a inverter (EEM04).

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione dei motori consente di modificare l'effettiva portata dei ventilanti e dei circolatori alimentati in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consente primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter per ogni motore dei ventilatori delle UTA e dei circolatori sul circuito permetterà all'impianto di seguire la curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo eventuali valvole e trasduttori di gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dai motori e si potrà adattare la velocità delle ventilanti alle variazioni di umidità dell'aria ambiente. Gli inverter preposti alla funzione dovranno essere dotati di controllo vettoriale di tensione, ed essere atti all'impiego con pompe e ventilatori in ambiente industriale. Con l'uso degli inverter, la portata viene regolata, variando il numero di giri

Descrizione dei lavori

L'installazione deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.3

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento - rendimento di generazione]	[-]	87%	100%	-14,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	447.919	393.273	12,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	65.000	65.000	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	426.406	374.384	12,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	63.487	63.487	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	86.134	75.626	12,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.648	29.648	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	115.782	105.274	9,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	32.763	28.766	12,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	14.705	14.705	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.468	43.471	8,4%
C_{MO}	[€]	7.606	7.225	5,0%
C_{MS}	[€]	845	718	15,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	8.451	7.944	6,0%
OPEX	[€]	55.919	51.415	8,1%

EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter**Generalità**

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, e in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.

I suddetti dispositivi funzionano modulando la portata che attraversa i terminali, motivo per il quale vengono proposte in combinazione all'installazione di pompe che consentano una regolazione in portata.

Il controllo della velocità per mezzo di un convertitore di frequenza è il modo più efficace per regolare le prestazioni della pompa che debba generare una portata variabile. La misura pertanto prevede la sostituzione delle pompe a velocità fissa con altre aventi motori ad alta efficienza e regolatori di velocità ad inverter applicati. L'ottimizzazione degli ausiliari elettrici concorre inoltre al miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di distribuzione.

Caratteristiche funzionali e tecniche**Valvole termostatiche:**

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio anche superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

Pompe inverter:

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione dei motori consente di modificare l'effettiva portata dei circolatori alimentati in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consente primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter per ogni motore dei circolatori sul circuito permetterà all'impianto di seguire la curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo eventuali valvole e trasduttori di gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dai motori e si potrà adattare la velocità delle pompe al carico termico richiesto istantaneo. Gli inverter preposti alla funzione dovranno essere dotati di controllo vettoriale di tensione, ed essere atti all'impiego con pompe in ambiente industriale. Con l'uso degli inverter, la portata viene regolata, variando il numero di giri.

Descrizione dei lavori

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.

Per quanto riguarda la regolazione sulle pompe di distribuzione alle utenze si provvederà a mantenere costante il salto termico mandata/ritorno adattando così la portata al carico termico richiesto.

Figura 8.4 - Particolare delle pompe di circolazione



Figura 8.5 - Particolare dei terminali di emissione installati



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.4.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento - rendim. regol. + distr.]	[-]	89%	93%	-5,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	447.919	375.061	16,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	65.000	63.700	2,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	426.406	357.047	16,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	63.487	62.217	2,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	86.134	72.123	16,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.648	29.055	2,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	115.782	101.179	12,6%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	32.763	27.434	16,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	14.705	14.411	2,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.468	41.845	11,8%
C_{MO}	[€]	7.606	7.606	0,0%
C_{MS}	[€]	845	803	5,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	8.451	8.408	0,5%
OPEX	[€]	55.919	50.254	10,1%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione esistenti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I costi di intervento possono essere limitati qualora sia possibile prevedere la sostituzione della sola lampada con modelli compatibili a maggiore efficienza, mantenendo il porta lampada esistente. È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort: l'analisi dello stato di fatto potrebbe suggerire non solo la sostituzione delle lampade, ma anche la ricollocazione o l'integrazione dei corpi

Figura 8.6 - Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



Descrizione dei lavori

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore al 50% della potenza delle lampade sostituite.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.4.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento – potenza installata]	[W]	25.702	8.567	66,7%
Q _{teorico}	[kWh]	447.919	447.919	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	65.000	40.085	38,3%
Q _{baseline}	[kWh]	426.406	426.406	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	63.487	39.152	38,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	86.134	86.134	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.648	18.284	38,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	115.782	104.418	9,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	32.763	32.763	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.705	9.069	38,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.468	41.832	11,9%
C _{MO}	[€]	7.606	7.454	2,0%
C _{MS}	[€]	845	761	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.451	8.214	2,8%
OPEX	[€]	55.919	50.046	10,5%
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classi

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione dell'involucro edilizio delimitante il volume riscaldato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito riportato nella tabella.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

codice	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/um]	TOTALE (IVA ESC) [€]	QUOTA IVA	QUOTA PROFITTO	TOTALE (IVA INC) [€]
PR.A17.D01.010	Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	73290	m2cm	€ 3,49	€ 255.782,10	22%	10%	€ 280.848,75
PR.A02.A20.600	Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi. Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	6960	kg	€ 0,82	€ 5.707,20	22%	10%	€ 6.266,51
PR.A02.A25.010	Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	3480	kg	€ 0,49	€ 1.705,20	22%	10%	€ 1.872,31
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	5730	m2	€ 14,28	€ 81.824,40	22%	10%	€ 89.843,19
25.A05.E10.015	Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	5730	m2	€ 7,26	€ 41.599,80	22%	10%	€ 45.676,58
95.B10.S20.020	Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	30,75	m2	€ 21,17	€ 650,98	22%	10%	€ 714,77
25.A54.B40.010	Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	5730	m2	€ 23,79	€ 136.316,70	22%	10%	€ 149.675,74
20.A54.B10.010	Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	1230	m2	€ 4,80	€ 5.904,00	22%	10%	€ 6.482,59
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 22.045,91	22%	10%	€ 26.896,01
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 38.580,34	22%	10%	€ 47.068,01
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 580.740	22%		€ 644.027
Incentivi		Conto termico						€ 257.610,99	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 51.522,20	

EEM2: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella diminuzione del volume riscaldato grazie all'installazione di controsoffitti.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione di controsoffitti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	QUOTA PROFITTO	TOTALE
codice				[€/um]	[€]	[€]		(IVA INCLUSA)
B55004a	Controsoffitto realizzato con lastre di cartongesso, reazione al fuoco Euroclasse A1 - s1, d0, fissate mediante viti autoperforanti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato dello spessore di 6/10 mm ad interasse di 600 mm, comprese la stessa struttura e la stuccatura dei giunti:	4800	m2	€ 28,96	€ 139.008,00	22%	10%	€ 152.630,78
95.B10.S20.020	Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	120	m2	€ 21,17	€ 2.540,40	22%	10%	€ 2.789,36
	Costi per la sicurezza	-	3%	%	€ 5.661,94	22%		€ 6.907,56
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€ 9.908,39	22%		€ 12.088,23
TOTALE (I₀ – EEM1)					€ 155.703	22%		€ 172.689
Incentivi		nessuno						€ 0
Durata incentivi								0
Incentivo annuo								€ 0

EEM3: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione del generatore di calore attualmente presente con uno a condensazione ad alta efficienza.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	QUOTA PROFITTO	TOTALE
codice				[€/um]	[€]	[€]		(IVA INCLUSA)
PR.C76.B10.045	Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 525 Kw circa	2	cad	€ 26.754,75	€ 53.509,5	22%	10%	€ 58.753,43
PR.C84.C05.515	Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm	1	cad	€ 232,76	€ 232,76	22%	10%	€ 255,57
40.C10.B10.140	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 701 Kw a 1300 Kw	2	cad	€ 614,79	€ 1.229,58	22%	10%	€ 1.350,08
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	15	cad	€ 21,13	€ 316,95	22%	10%	€ 348,01
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	2	cad	€ 28,46	€ 56,92	22%	10%	€ 62,50
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	1	cad	€ 120,60	€ 120,60	22%	10%	€ 132,42
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	1	cad	€ 29,71	€ 29,71	22%	10%	€ 32,62

PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 146,74	22%	10%	€ 161,12
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 76,47	22%	10%	€ 83,96
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34,41	€ 516,15	22%	10%	€ 566,73
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 1.275,20	22%	10%	€ 1.400,17
20.A15.B10.015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€ 4,72	€ 472,00	22%	10%	€ 518,26
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 2.319,30	22%		€ 2.829,55
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 4.058,78	22%		€ 4.951,71
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 63.781	22%		€ 70.739
Incentivi		[Conto termico]						0	
Durata incentivi								0	
Incentivo annuo								0	

EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe funzionanti a numeri di giri variabile per permettere una regolazione in portata.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM1 – Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	QUOTA PROFITTO	TOTALE
codice				[€/um]	[€]	[€]		(IVA INCLUSA)
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	200	cad	€ 35,42	€ 7.084,00	22%	10%	€ 7.778,23
PR.C47.H10.145	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h	2	cad	€ 4.587,21	€ 9.174,42	22%	10%	€ 10.073,51
40.E10.A10.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	2	cad	€ 97,34	€ 194,68	22%	10%	€ 213,76
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	1	cad	€ 22,69	€ 22,69	22%	10%	€ 24,91
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	73	h	€ 31,88	€ 2.316,61	22%	10%	€ 2.543,64
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 751,70	22%	€ 917,07
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.315,47	22%	€ 1.604,87
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 20.672	22%	€ 22.927
Incentivi		[Conto termico]						0
Durata incentivi								0
Incentivo annuo								0

EEM5: Installazione di impianto di illuminazione LED

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con altri utilizzando la tecnologia LED.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto nella tabella.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM1 – Installazione di illuminazione LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	QUOTA PROFITTO	TOTALE	
codice				[€/um]	[€]	[€]		(IVA INCLUSA)	
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	427	cad	€ 156,66	€ 66.893,82	22%	10%	€ 73.449,41
045129b	Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	9	cad	€ 98,61	€ 887,49	22%	10%	€ 974,46
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 2.711,25	22%		€ 3.307,73	
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 4.744,69	22%		€ 5.788,52	
TOTALE (I₀ – EEM1)					€ 74.559	22%		€ 82.693	
Incentivi	[Conto termico]							€ 33.077,28	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 6.615,46	

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 644.027
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	51.522
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	37,9	21,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	58,7	35,0
Valore attuale netto	VAN	-324.118	- 94.750
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,7%	1,9%
Indice di profitto	IP	-0,50	-0,15

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

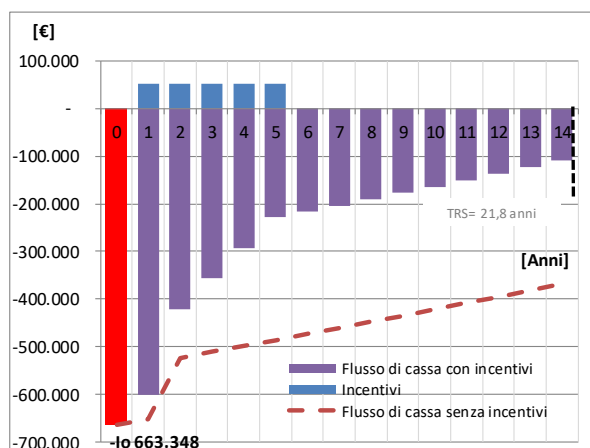
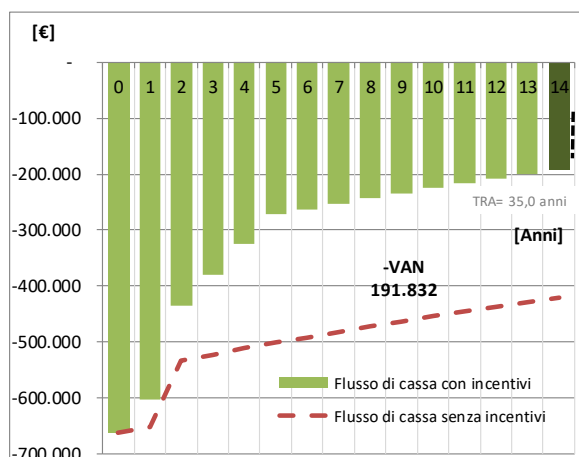


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere molto dispendioso, e il tempo di ritorno, nonostante gli incentivi e il risparmio energetico sul vettore termico pari al 40% circa, è superiore ai 15 anni (21,8 anni e 35 anni con flussi di cassa attualizzati). Risulta inoltre essere un investimento non remunerativo (VAN < 0). Affinché l'intervento risulti remunerativo, il tasso di sconto dovrebbe essere pari al 1,9 %, invece del 3,5 % applicato.

EEM2: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti i

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Controsoffitti

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€ 172.689
Oneri Finanziari %I ₀	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno -

Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	16,9	16,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	27,7	27,7
Valore attuale netto	VAN	5.382	5.382
Tasso interno di rendimento	TIR	4,3%	4,3%
Indice di profitto	IP	0,03	0,03

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

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

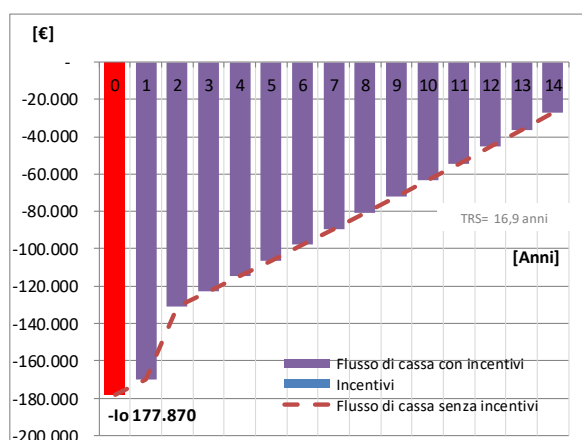
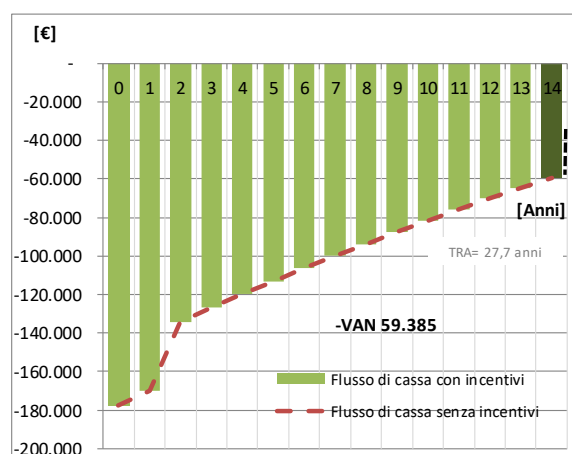


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che grazie agli incentivi l'intervento risulta essere interessante anche se con tempi di ritorno economico semplice piuttosto lunghi, circa 17 anni. L'investimento ha un tempo di ritorno semplice di 16,9 anni, ma un tempo di ritorno attualizzato di oltre 20 anni (27,7 anni), comunque inferiore alla vita utile dell'intervento. Anche il valore attuale netto dell'investimento non è elevato (circa 15.000 € a fronte di un investimento di circa 170.000 €), il che rende l'investimento poco remunerativo. La vita utile tecnologica dell'intervento proposto potrebbe tuttavia rendere l'investimento comunque fattibile, nonostante il tempo di ritorno lungo e la redditività bassa.

EEM3: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– sostituzione generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 70.739
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI
		VALORE CON INCENTIVI

Tempo di rientro semplice	TRS	15,8	15,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,3	20,3
Valore attuale netto	VAN	-18.909	- 18.909
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,8%	-0,8%
Indice di profitto	IP	-0,27	-0,27

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

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

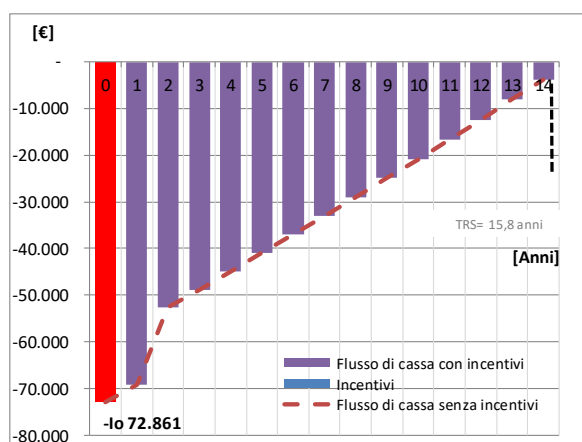
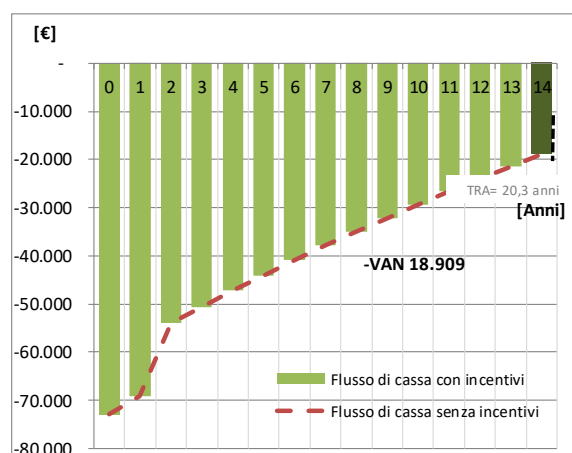


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che L'investimento non sarebbe mai remunerativo, anche se il tasso di sconto non fosse così elevato. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono infatti entrambi superiori ai 15 anni (15,8 e 20,3 anni rispettivamente), non compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– valvole termostatiche e pompe inverter

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	22.927
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_b	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,2	4,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,7	4,7
Valore attuale netto	VAN	33.504	33.504
Tasso interno di rendimento	TIR	22,1%	22,1%
Indice di profitto	IP	1,46	1,46

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

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

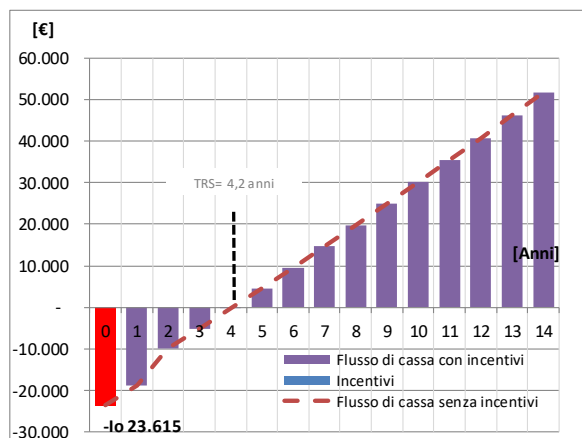
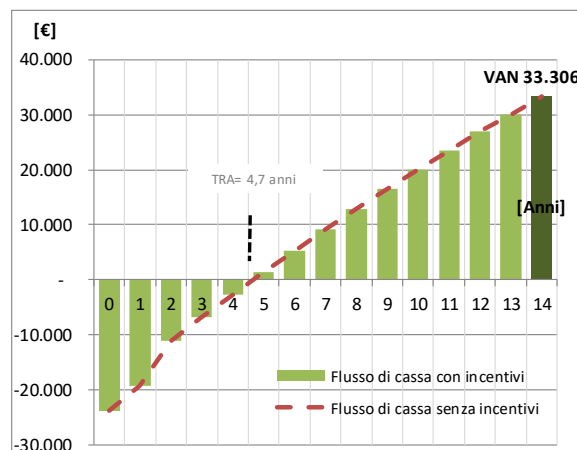


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento è fortemente remunerativo, con un VAN di 33.504€ a fronte di un investimento di circa 23.000€ (PI pari a 1,46). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 5 anni (4,2 e 4,7 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica dei componenti installati.

EEM5: Installazione di impianto di illuminazione LED

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

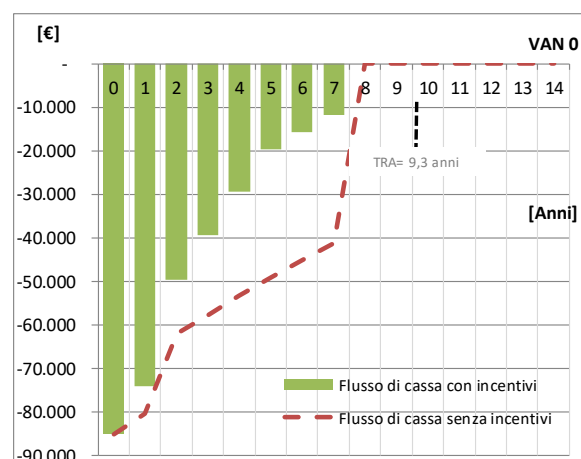
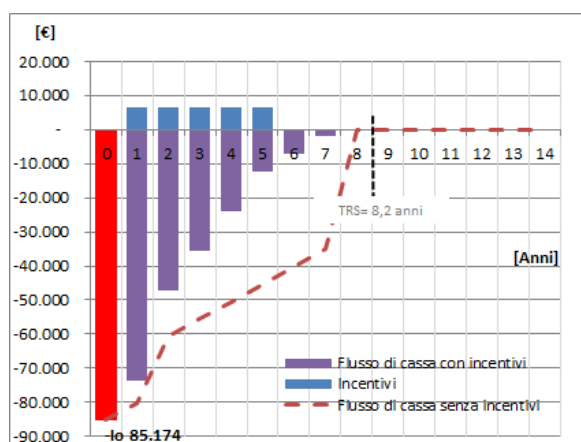
Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– LED

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 82.693	
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 6.615	
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	13,6	8,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,5	9,3
Valore attuale netto	VAN	-41.158	-11.707
Tasso interno di rendimento	TIR	-13,3%	-0,7%
Indice di profitto	IP	-0,50	-0,14

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

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 nonostante il contributo degli incentivi (Conto Termico), l'investimento non è remunerativo. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (8,2 e 9,3 anni rispettivamente), non compatibili con la vita utile tecnologica dei componenti installati, presa pari a quella suggerita dall'Amministrazione, ossia 8 anni. Probabilmente, considerando la tecnologia LED dei componenti installati, quest'ultimo dato risulta essere pessimistico, in quanto generalmente questi componenti hanno vita utile anche superiore ai 30 anni.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e Tabella 9.12.

Tabella 9.11 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	Δ_{CE}	Δ_{CMO}	Δ_{CMS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	32%	€ -	€ 380,28	€ 42,25	€ 644.027,5	37,9	58,7	30	-€ 324.117,7	-1,72%	-0,5
EEM 2	2%	21%	€ 294,10	€ -	€ 25,35	€ 172.689,1	16,9	27,7	30	€ 5.382,2	4,28%	0,03
EEM 3	0%	9%	€ -	€ 380,28	€ 126,76	€ 70.738,8	15,8	20,3	15	-€ 18.908,9	-0,80%	-0,27
EEM 4	2%	13%	€ 294,10	€ -	€ 42,25	€ 22.926,7	4,2	4,7	15	€ 33.504,2	22,12%	1,46
EEM 5	38%	10%	€ 5.636,47	€ 152,11	€ 84,51	€ 82.693,2	13,6	15,5	8	-€ 41.157,6	-13,25%	-0,5

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);
- Δ_{CE} è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- Δ_{CMO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- Δ_{CMS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che in assenza di incentivi le EEM 1 e 5 non sono remunerative, e presentano un P.I. negativo.

Tabella 9.12 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	32%	€ -	€ 380,28	€ 42,25	€ 644.027,5	21,8	35,0	30	-€ 94.750,02	1,89%	-0,15
EEM 2	2%	21%	€ 294,10	€ -	€ 25,35	€ 172.689,1	16,9	27,7	30	€ 5.382,19	4,28%	0,03
EEM 3	0%	9%	€ -	€ 380,28	€ 126,76	€ 70.738,75	15,8	20,3	15	-€ 18.908,91	-0,80%	-0,27
EEM 4	2%	13%	€ 294,10	€ -	€ 42,25	€ 22.926,73	4,2	4,7	15	€ 33.504,15	22,12%	1,46
EEM 5	38%	10%	€ 5.636,47	€ 152,11	€ 84,51	€ 82.693,20	8,2	9,3	8	-€ 11.706,75	-0,67%	-0,14

Dall'analisi dei risultati emerge che la presenza di incentivi fa sì che la EEM 5 sia remunerativa, dato che il P.I. è passato da un valore negativo ad uno positivo. Tuttavia per la EEM 1 l'incentivo non è sufficiente a rendere l'intervento conveniente.

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

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzione integrate che includono interventi sull'involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%

- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire

l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinata 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: Generatore + valvole+ inverter + LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione di alcune delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede l'installazione di valvole termostatiche e di pompe a inverter (EEM4), la sostituzione del generatore di calore con altro a condensazione (EEM3) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED (EEM5). L'integrazione delle prime due EEM (generatore di calore a condensazione + valvole termostatiche) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per l'intervento EEM3.
- **Scenario 2: Scn1 + cappotto + controsoffitti:** Tale scenario consiste nella realizzazione di tutti gli interventi previsti per lo scenario 1, con l'integrazione della coibentazione a cappotto dell'edificio (EEM1) e dell'installazione dei controsoffitti (EEM2). La simultaneità dell'intervento di sostituzione del generatore di calore (EEM3) e dell'isolamento a cappotto (EEM1) permette di accedere agli incentivi in conto termico in una misura pari al 55% del costo sostenuto per ciascun intervento.

9.3.1 Scenario 1: Generatore + valvole+ inverter + LED

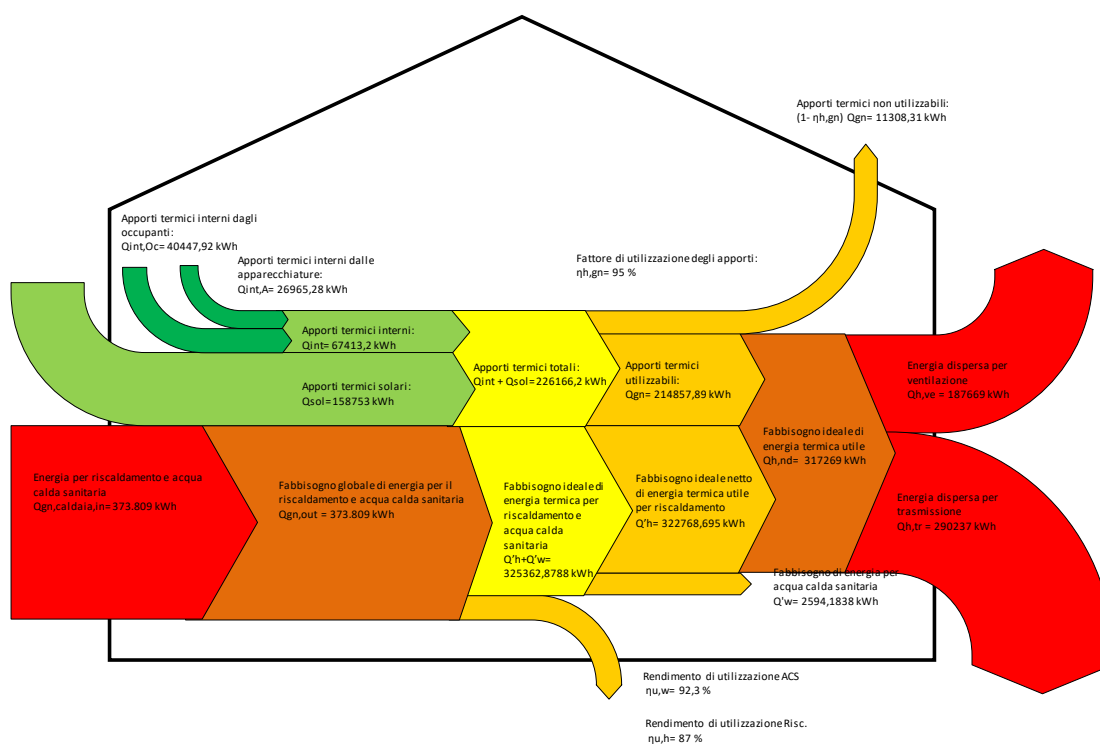
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 Fornitura & Posa	€ 55.176	€ 15.563	€ 70.739
EEM4 Fornitura & Posa	€ 17.883	€ 5.044	€ 22.927
EEM5 Fornitura & Posa	€ 64.501	€ 18.193	€ 82.693
Costi per la sicurezza	4% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 137.560	€ 38.779	€ 176.359
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 O&M	7.225	718	7.994
EEM4 O&M	7.606	803	8.408
EEM5 O&M	7.454	761	8.214
TOTALE (C_M)	€ 7.428	€ 761	€ 8.205
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 61.373	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 12.275	

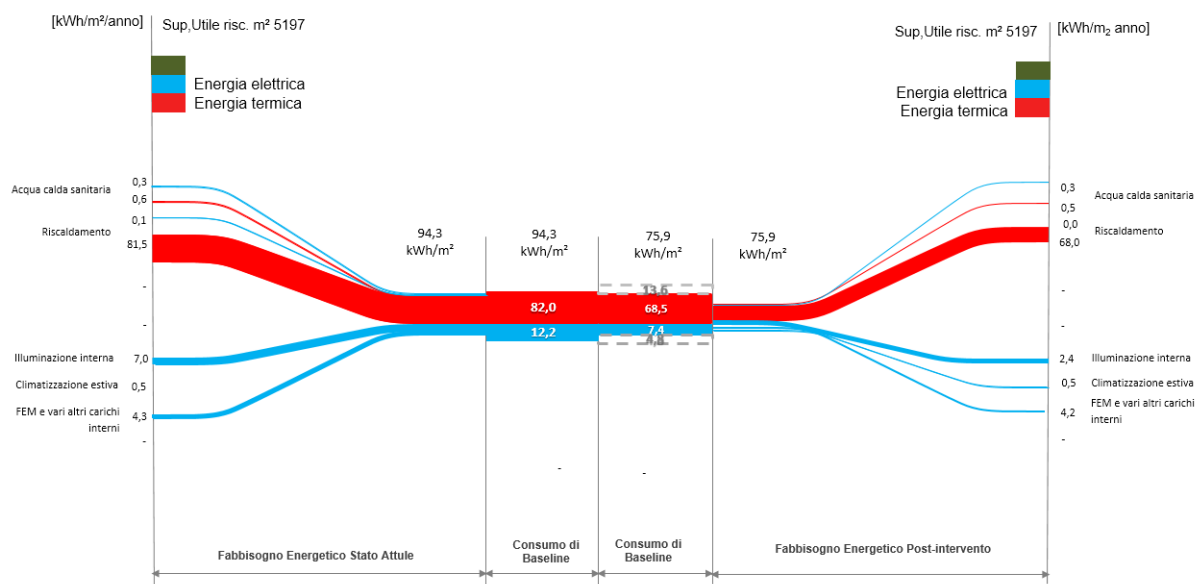
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.11 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale. Si osserva inoltre che le perdite di generazione sono trascurabili, grazie all'installazione della caldaia a condensazione, con un rendimento prossimo al 100%. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora superiore a quella dispersa per ventilazione, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l'isolamento dell'edificio.

Figura 9.12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

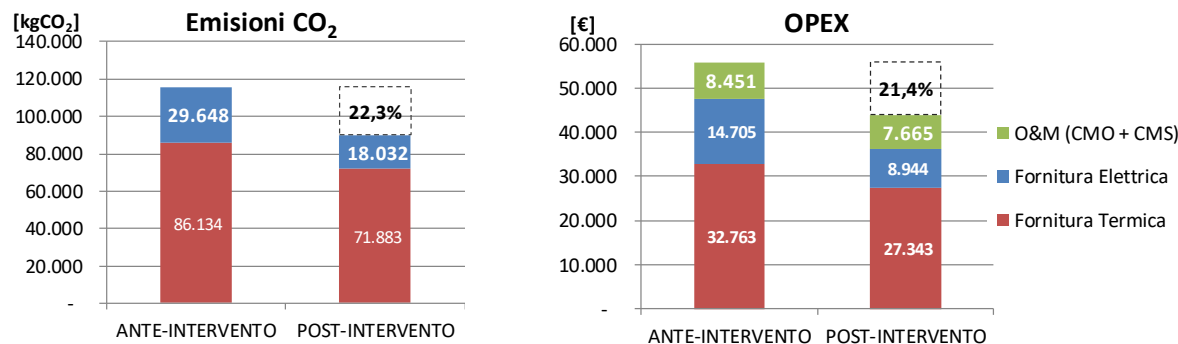
Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – Generatore + valvole+ inverter + LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM3 [Param. Caratt. - Rendimento generatore]	[W/m²K]	87%	100%	-14,9%
EM4 [Param. caratt. - rendim. regol. + distr.]	[W/m²K]	89%	93%	-5,0%
EM5 [Param. caratt. - P installata]	[W]	25.702	8.567	66,7%
Q _{teorico}	[kWh]	447.919	373.809	16,5%
EE _{teorico}	[kWh]	65.000	39.533	39,2%
Q _{baseline}	[kWh]	426.406	355.856	16,5%
EE _{baseline}	[kWh]	63.487	38.613	39,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	86.134	71.883	16,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.648	18.032	39,2%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	115.782	89.915	22,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	32.763	27.343	16,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.705	8.944	39,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.468	36.286	23,6%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	7.606	7.073	7,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	845	592	30,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.451	7.665	9,3%
OPEX	[€]	55.919	43.951	21,4%

Classe energetica [-] E D +1 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 €/kWh per il vettore termico e 0,234 €/kWh per il vettore elettrico

 Figura 9.13 - 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 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Generatore + valvole+ inverter + LED

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	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	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 137.207
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 4.116
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 141.323
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 113.059
Equity	I_E	€ 28.265
Fattore di annualità Debito	FA_D	11,41

Rata annua debito	q_D	€ 9.912
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€ 148.675
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 35.617

Tabella 9.16 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 36.908
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 9.100
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 46.008
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	23,6%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	9,3%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.557
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 71.764
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 11.435
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	0,69%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 70
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 2.544
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 3.943
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 8.570
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 30.880
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 39.450
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 6.557
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 46.008
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 24.742
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 61.373
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.17 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.	7,88
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	12,23
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	VAN > 0	€ 7.032
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,17%
Indice di Profitto	IP	5,13%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.	2,38
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,66
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	VAN > 0	€ 16.492
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	48,35%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,274
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,531

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

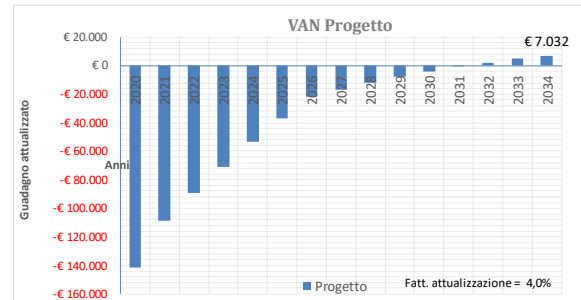
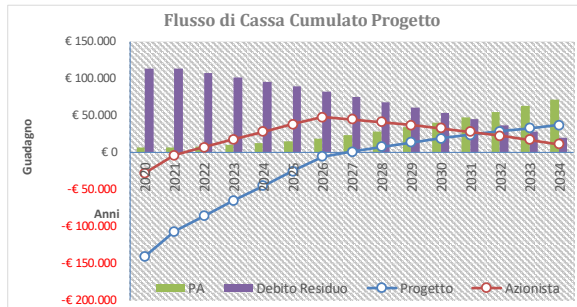
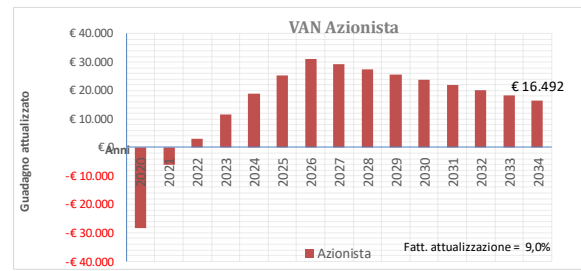
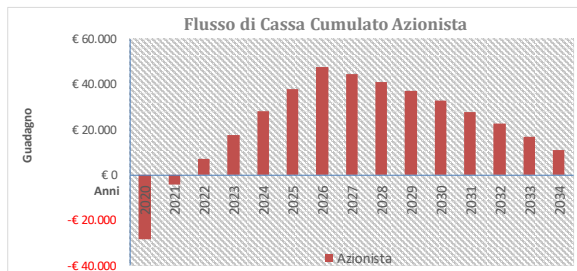


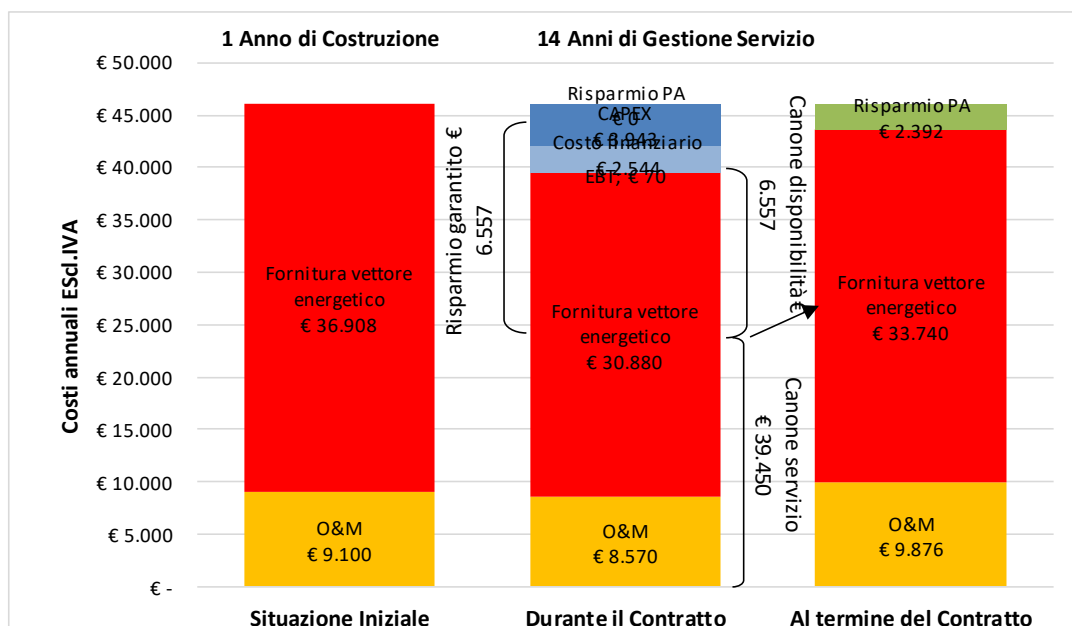
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Con l'obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest'ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi.

Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta poco remunerativo. Il motivo è nel costo dell'indebitamento esterno, troppo alto. Infatti i singoli interventi presentano un tempo di ritorno attualizzato entro i 15 anni, come già descritto alle sezioni precedenti. In presenza del finanziamento esterno, nonostante la possibilità di accedere agli incentivi del conto termico grazie alla combinazione della sostituzione del generatore di calore e dell'installazione delle valvole termostatiche, l'investimento risulta poco conveniente. Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: Scn1 + cappotto + controsoffitti:

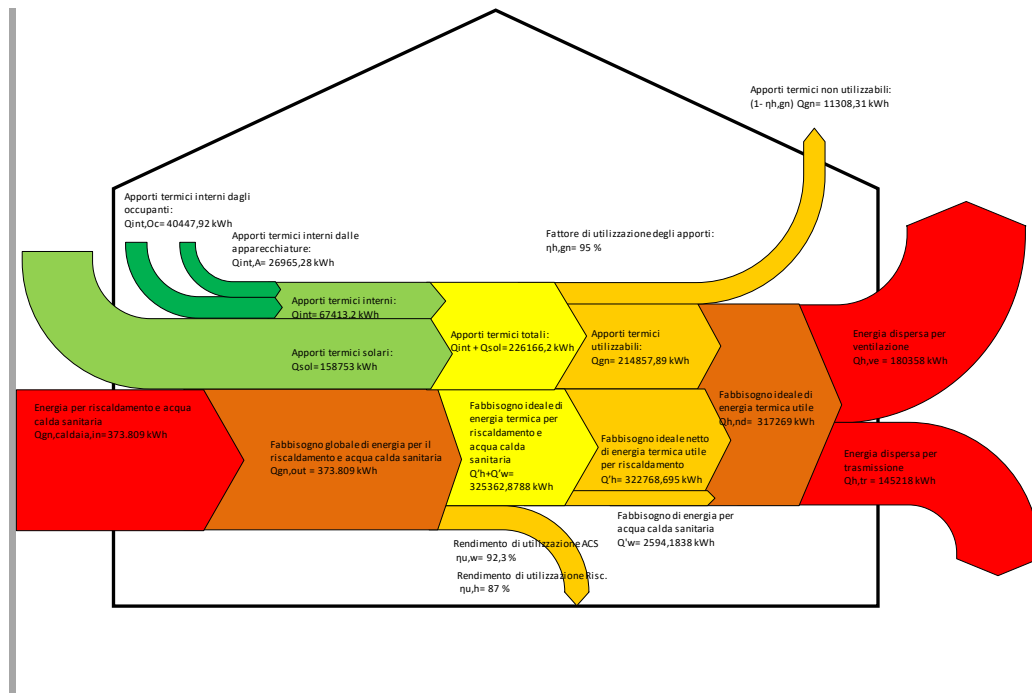
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 502.341	€ 141.686	€ 644.027
EEM2 Fornitura & Posa	€ 134.697	€ 37.992	€ 172.689
EEM3 Fornitura & Posa	€ 55.176	€ 15.563	€ 70.739
EEM4 Fornitura & Posa	€ 17.883	€ 5.044	€ 22.927
EEM5 Fornitura & Posa	€ 64.501	€ 18.193	€ 82.693
Costi per la sicurezza	4% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 774.599	€ 218.477	€ 993.075
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA) [€]	C _{Ms} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	7.225	803	8.028
EEM2 O&M	7.606	820	8.425
EEM3 O&M	7.225	718	7.994
EEM4 O&M	7.606	803	8.408
EEM5 O&M	7.454	761	8.214
TOTALE (C_M)	€ 7.423	€ 781	€ 8.214
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 426.199	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 85.240	

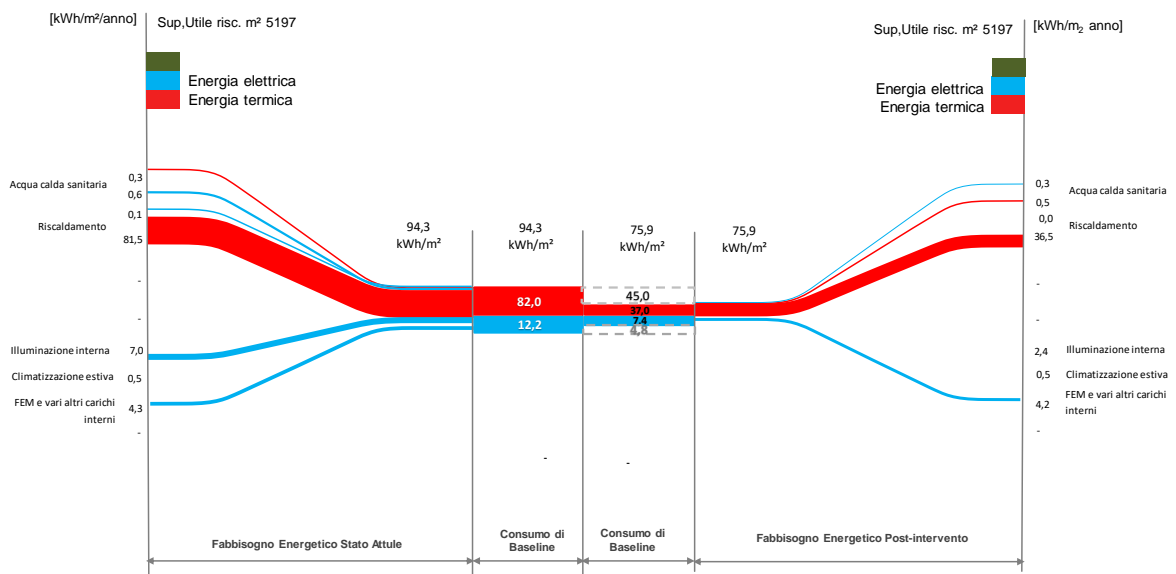
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.17 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale è quasi dimezzato rispetto alla situazione iniziale, anche grazie al minor volume che necessita di riscaldamento, grazie all’installazione dei controsoffitti. Si osserva inoltre che le perdite di generazione sono trascurabili, grazie all’installazione della caldaia a condensazione, con un rendimento prossimo al 100%. La quota di energia dispersa per ventilazione è ora superiore a quella dispersa per trasmissione, grazie al migliore isolamento dell’edificio ottenuto attraverso e misure di efficienza energetica adottate (isolamento a cappotto).

Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

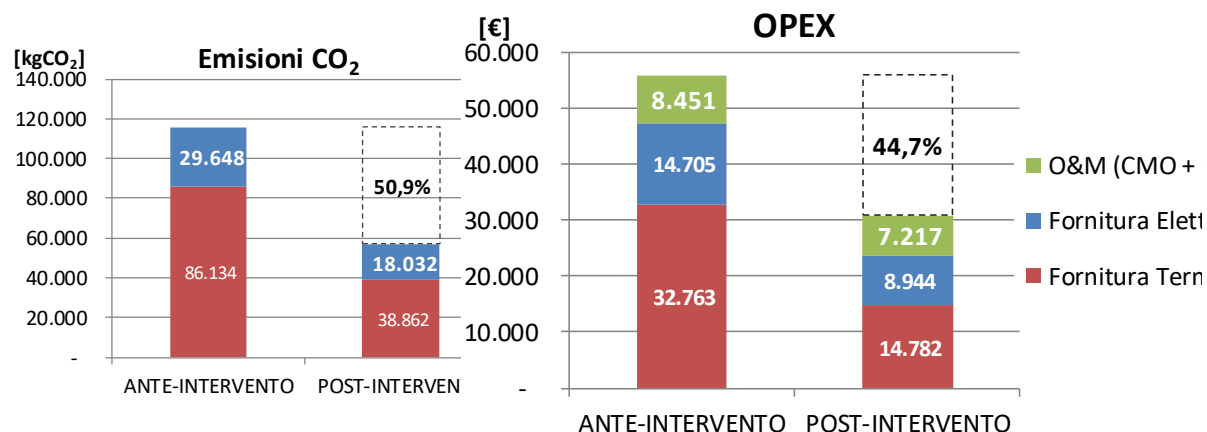
Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – Scn1 + cappotto + controsoffitti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM3 [Param. Caratt. - Rendimento generatore]	[W/m²K]	87%	100%	-14,9%
EM4 [Param. caratt. - rendim. regol. + distr.]	[W/m²K]	89%	93%	-5,0%
EM5 [Param. caratt. - P installata]	[W]	25.702	8.567	66,7%
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento - trasmittanza]	[W/m²K]	1,13	0,255	77,4%
EM2 [Parametro caratteristico dell'intervento - V riscaldato]	[W/m²K]	29902	19980	33,2%
Q _{teorico}	[kWh]	447.919	202.091	54,9%
EE _{teorico}	[kWh]	65.000	39.533	39,2%
Q _{baseline}	[kWh]	426.406	192.385	54,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	63.487	38.613	39,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	86.134	38.862	54,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.648	18.032	39,2%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	115.782	56.894	50,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	32.763	14.782	54,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.705	8.944	39,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.468	23.726	50,0%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	7.606	6.693	12,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	845	524	38,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.451	7.217	14,6%
OPEX	[€]	55.919	30.943	44,7%
Classe energetica	[-]	E	B	+3 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 €/kWh per il vettore elettrico

Figura 9.19 – 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 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Scn1 + cappotto + controsoffitti

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	25
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 772.613
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 23.178
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 795.791
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 636.633
Equity	I_E	€ 159.158
Fattore di annualità Debito	FA_D	16,09
Rata annua debito	q_D	€ 39.558
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€ 988.961
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 352.329

Tabella 9.21 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 36.908
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 9.100
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 46.008
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	39,2%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	14,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 11.583
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 2.300
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 272.918
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 21.303
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-44,58%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€ 18.999
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 6.974
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 21.306

Canone O&M €/anno	CnM	€ 8.276
Canone Energia €/anno	CnE	€ 26.149
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 34.425
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 9.282
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 43.707
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 179.079
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 332.435
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.22 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	20,15
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	49,74
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 122.146
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	1,17%
Indice di Profitto	IP	-15,81%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	15,30
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,79
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 10.074
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	10,37%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,909
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,311
Indice di Profitto Azionista	IP	-1,30%

Figura 9.20 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

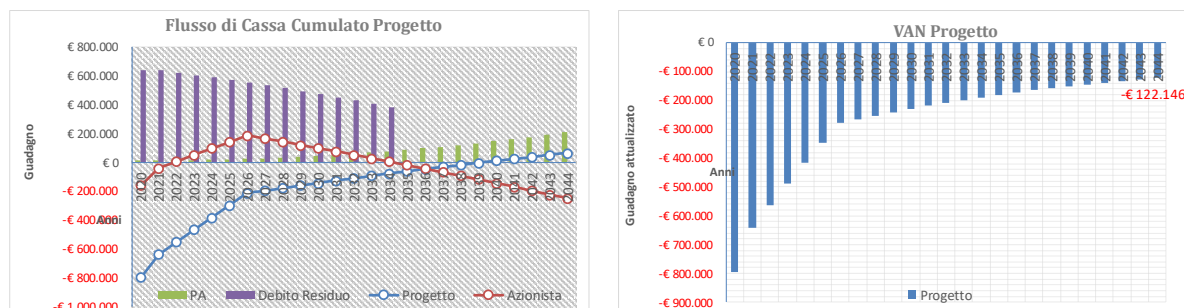
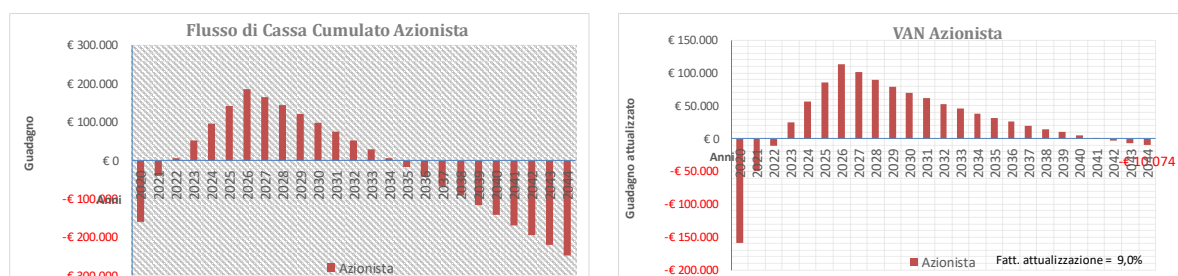


Figura 9.21 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

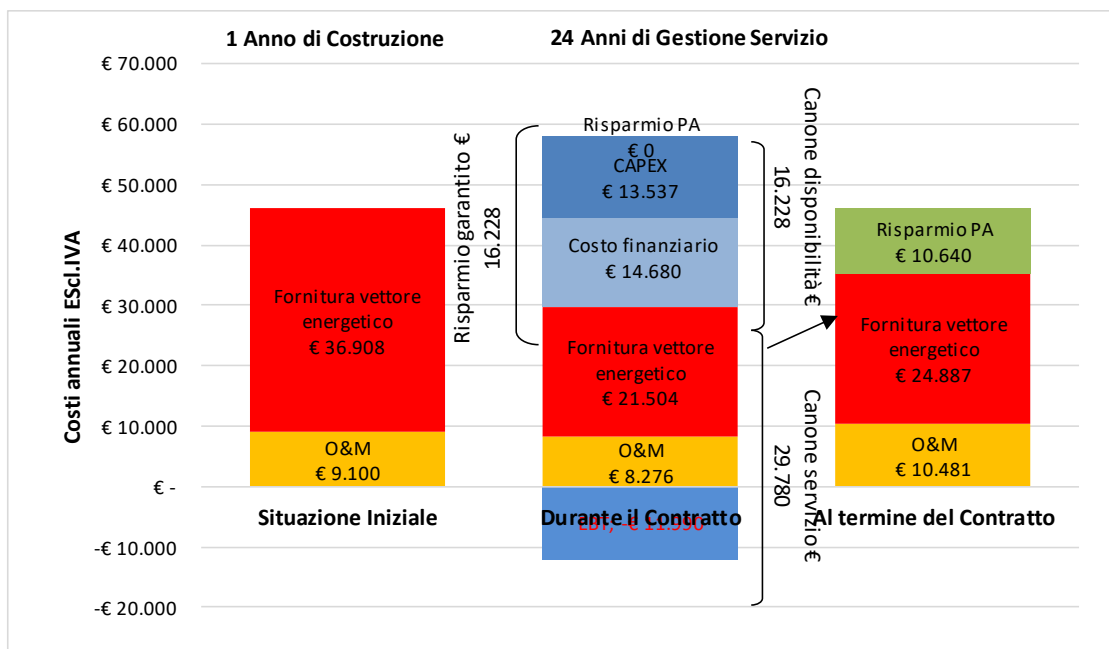


Con l'obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest'ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi.

Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta non remunerativo. Il motivo è nel costo dell'indebitamento esterno, troppo alto. Infatti i singoli interventi presentano un tempo di ritorno attualizzato entro i 25 anni, come già descritto alle sezioni precedenti. In presenza del finanziamento esterno, nonostante la possibilità di accedere agli incentivi del conto termico grazie alla combinazione della sostituzione del generatore di calore e dell'installazione delle valvole termostatiche, oltre all'isolamento tramite cappotto termico, l'investimento risulta fortemente sconveniente.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro e da impianti dotati di livelli prestazionali ridotti. Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. l'isolamento a cappotto dell'involucro;
2. la compartimentazione termica con conseguente diminuzione della volumetria riscaldata grazie all'installazione di controsoffitti;
3. la sostituzione dell'attuale generatore di calore con altro a condensazione ad alta efficienza;
4. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;
5. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi più interessanti sono la sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED e l'installazione di valvole termostatiche e di pompe a inverter.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione del generatore potrebbe prevedere una caldaia di potenzialità inferiore laddove il carico termico di riscaldamento venga preventivamente diminuito, migliorando l'isolamento dell'involucro, ecc...

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatermie e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Dalle analisi effettuate risulta che entrambi gli investimenti previsti nei due scenari non risultano tutto sommato convenienti, nonostante il primo abbia una convenienza molto bassa.

Il motivo è nel costo dell'indebitamento esterno, troppo alto. Infatti i singoli interventi presentano un tempo di ritorno attualizzato entro le finestre temporali considerate. In presenza del finanziamento esterno, nonostante la possibilità di accedere agli incentivi del conto termico anche grazie alla combinazione di alcuni interventi proposti, gli investimenti risultano fortemente sconvenienti.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/04/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E468_rev01.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/4/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E468.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/04/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E468.pdf

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	19/04/2018	ALLEGATO D_DE_Lotto.4 -E468.pdf

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/04/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E468.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/04/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E468.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/04/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E468.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/04/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E468_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/04/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E468_SCN2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/04/2018	GG_Lotto.4-E468.Rev01.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/04/2018	E468_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/04/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E468.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/04/2018	AnalisiPEF_rev05_E368.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/04/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E468.pdf

ALLEGATO N – CD-ROM