

ISTITUTO "DELEDDA"

E1682

VIA BERTANI 6 - GENOVA

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



Agosto/2018

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



COMUNE DI GENOVA

N:ER
INGEGNERIA

ISTITUTO “DELEDDA”

E1682

VIE BERTANI 6 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Agosto/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

NIER INGEGNERIA S.p.A.
Via Clodoveo Bonazzi 2
40013 – Castel Maggiore – Bologna
051/0391000

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[A]	[10/06/2018]	Ing. S. Nicolini	Ing. S: Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Prima emissione del documento di diagnosi energetica
[B]	[03/08/2018]	Ing. S. Nicolini	Ing. S: Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Seconda pubblicazione documento di diagnosi energetica

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

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

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
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 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.2 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	8
2.3 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	20
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	20
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	21
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	25
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	27
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE ENERGETICO	27
5.1.1 <i>Energia termica</i>	27
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	29
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.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	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>	45

7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	50
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	50
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	51
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	53
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	53
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	53
	EEM1: COIBENTAZIONE MURATURE INTERNE.....	53
	EEM2: COIBENTAZIONE COPERTURA ESTERNA	55
	EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	57
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	59
	EEM4: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .59	
	EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	61
8.1.3	<i>Impianto di produzione ACS</i>	62
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	63
	EEM6: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	63
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	65
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	65
	EEM1: COIBENTAZIONE MURATURE INTERNE.....	65
	EEM2: COIBENTAZIONE COPERTURA ESTERNA	66
	EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	68
	EEM4: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .69	
	EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	71
	EEM6: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	74
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	75
	EEM1: COIBENTAZIONE MURATURE INTERNE.....	76
	EEM2: COIBENTAZIONE COPERTURA ESTERNA	77
	EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	78
	EEM4: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .79	
	EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	80
	EEM6: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	81
	SINTESI	82
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	83
9.3.1	<i>Scenario 1: <15 ANNI</i>	85
9.3.2	<i>Scenario 2: <25 ANNI</i>	92
10	CONCLUSIONI	99
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	99
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	100
10.3	RACCOMANDAZIONI	102
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	104
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1925
Zona climatica		D
Destinazione d'uso principale		E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.
Destinazione d'uso secondaria		E.6. : Edifici adibiti ad attività sportive
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.112
Superficie disperdente (S)	[m ²]	7.285
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	23.305
Rapporto S/V	[1/m]	0,31
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.680
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.680
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	577
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	18 (stimata)
Tipo di combustibile		Gasolio
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	84
Consumo di riferimento Gasolio ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	295.247
Spesa annuale Gasolio ⁽¹⁾	[€/anno]	34.472
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	37.298
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.149

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione murature verticali
- EEM 2: Coibentazione copertura esterna
- EEM 3: Sostituzione infissi ed installazione di valvole termostatiche
- EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM5: Sostituzione del generatore di calore
- EEM 6: Sostituzione corpi illuminanti
- SCN 1: EEM 1 + EEM 4 + EEM 5 + EEM 6
- SCN 2: EEM 1 + EEM 2 + EEM 3 + EEM 4 + EEM 5 + EEM 6.

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM1	40,90%	39,50%	€ 19.476	€ -	€ -	€ 230.322	6,6	8,7	30	€ 198.849	12,31%	0,86	N/A	N/A
EEM2	5,28%	5,27%	€ 2.516	€ -	€ -	€ 95.375	18,7	32,5	30	-€ 7.587	2,91%	-0,08	N/A	N/A
EEM3	22,56%	21,84%	€	€	€	€	15,6	26,7	30	€ 11.288	4,47%	0,04	N/A	N/A

			10.745	-	-	277.017								
EEM4	13,88%	13,52%	€ 6.609	€ -	€ -	€ 16.323	2,1	2,3	15	€ 53.910	43,47%	3,30	N/A	N/A
EEM5	36,00%	27,84%	€ 17.142	€ -	€ -	€ 53.554	2,5	2,7	15	€ 134.153	35,71%	2,50	N/A	N/A
EEM6	8,52%	9,30%	€ 4.059	€ -	€ -	€ 17.557	3,2	3,5	15	€ 29.297	27,03%	1,67	N/A	N/A
SCN1	68,40%	64,65%	€ 32.571	€ -	€ -	€ 301.433	6,73	8,98	15	€ 63.001	8,24%	0,209	1,225	1,175
SCN2	76,16%	73,51%	€ 36.270	€ -	€ -	€ 657.501	10,04	16,33	25	€ 90.038	6,10%	0,1369	1,157	0,534

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

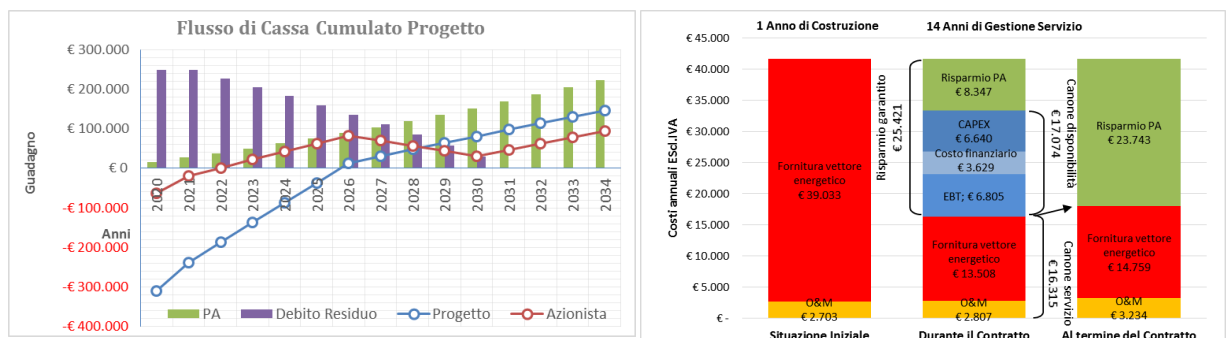
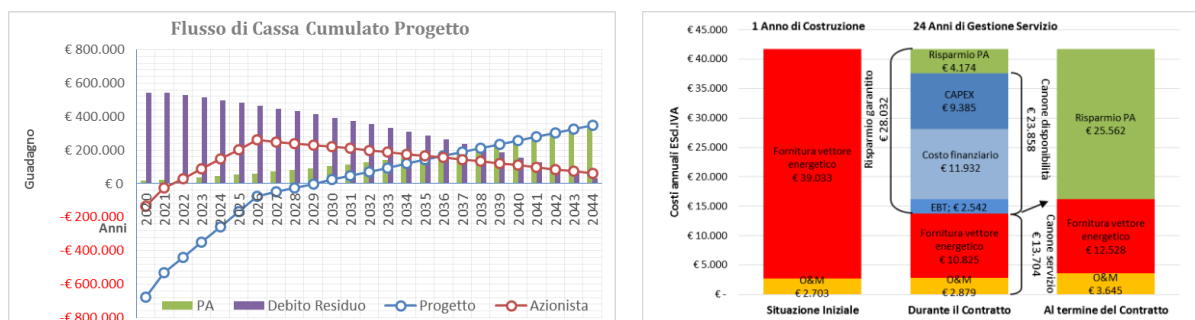


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Nei due scenari la situazione prospettata è molto diversa, e si presenta molto vantaggiosa in entrambe le soluzioni. Nello SCN2 si ha la realizzazione di una riqualificazione energetica completa dell’edificio, che porterebbe l’edificio analizzato dalla attuale classe G ad una classe B, mentre nello SCN1 si giungerebbe ad una classe D.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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.

Figura 1.1 - Vista della facciata su via Bertani



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società Nier Ingegneria S.p.A. il cui responsabile per il processo di audit è l'Ing. Fabio Coccia, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Mara Pignataro		Sopralluogo in sito
Ing. Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Ing. Sarah Nicolini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Sarah Nicolini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Sarah Nicolini		Redazione report di diagnosi
Ing. Sarah Nicolini	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Antonio Aprea	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Coccia	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE è sito nel Comune di Genova e più precisamente tra il quartiere di CASTELLETTO ed il quartiere SAN VINCENZO.

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

Catastalmente l'edificio oggetto di diagnosi è individuata al NCEU Sezione GEA, F. 95-101, Mapp. 116-46 sub 6-3.

Dalla visura catastale risulta che l'immobile appartiene alla categoria catastale B/5 (Scuole e laboratori scientifici).

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		1925
Zona climatica		D
Destinazione d'uso principale		E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.
Destinazione d'uso secondaria		E.6. : Edifici adibiti ad attività sportive
Destinazione d'uso catastale		B/5 - Scuole e laboratori scientifici
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.112
Superficie disperdente (S)	[m ²]	7.285
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	23.305
Rapporto S/V	[1/m]	0,31
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.680
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	577
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	18 (stimata)
Tipo di combustibile		Gasolio
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽²⁾	[t/anno]	84
Consumo di riferimento Gasolio ⁽²⁾	[kWh _{tit} /anno]	295.247
Spesa annuale Gasolio ⁽²⁾	[€/anno]	34.472
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	67.298
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.149

Nota (2): Valori di Baseline

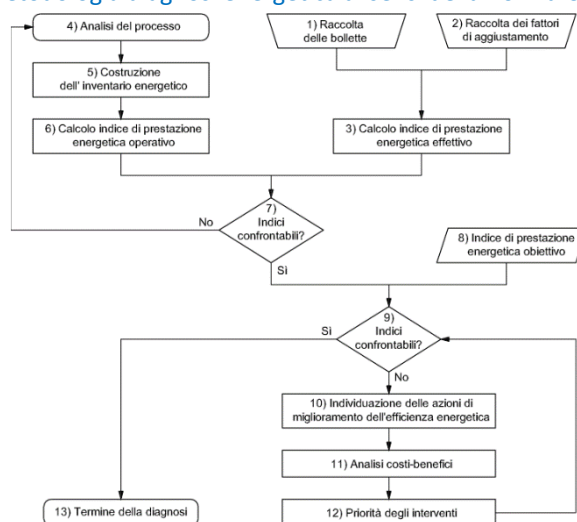
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 21/11/2017 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 con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo del Centro Funzionale 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 stagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;

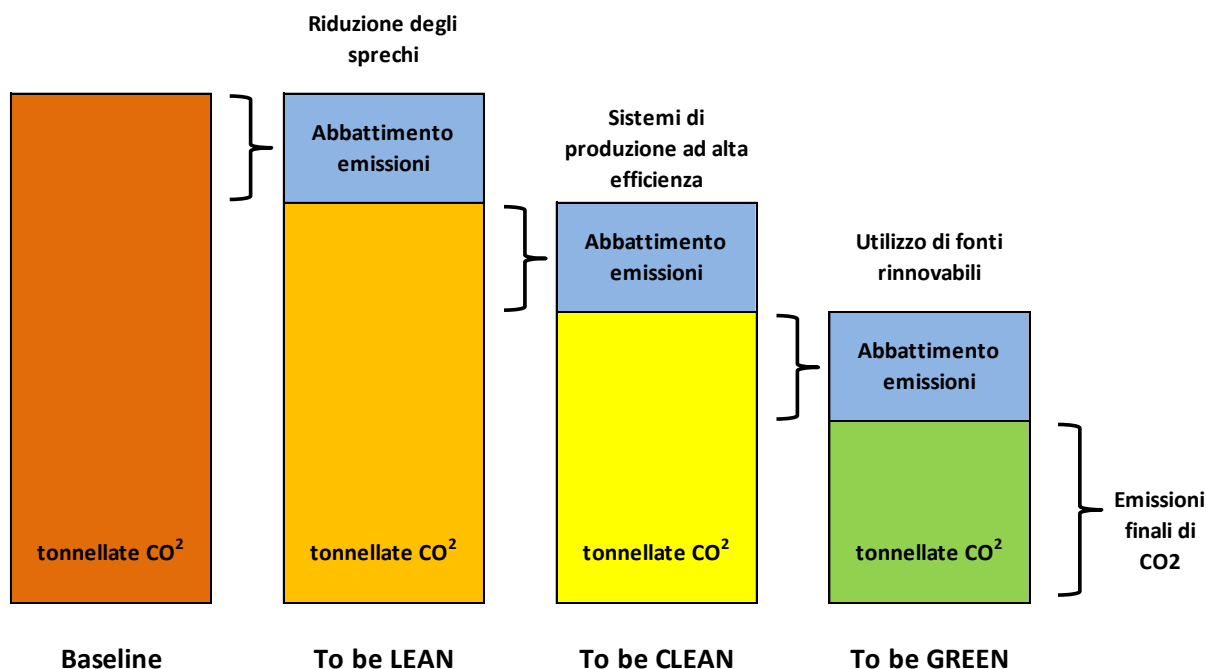
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

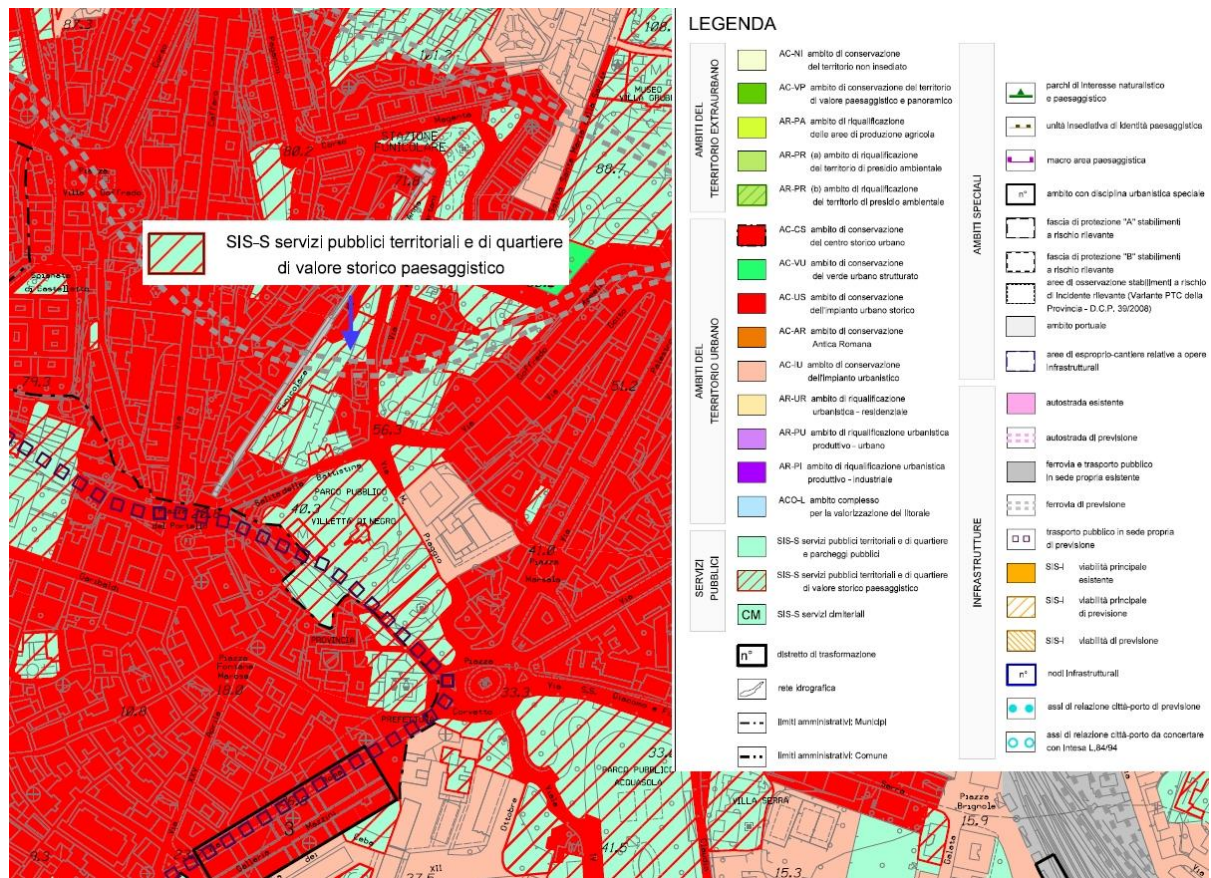
2 DATI DELL’EDIFICIO

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO

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 come SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico.

Al Livello Paesaggistico Puntuale l’edificio è inserito nell’area SUQ – Struttura Urbana Qualificata, che si riferisce ad aree territoriali che comprendono siti di particolare pregio quali gli ambiti del paesaggio urbano strutturato antico di cui fa parte l’edificio in oggetto.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale

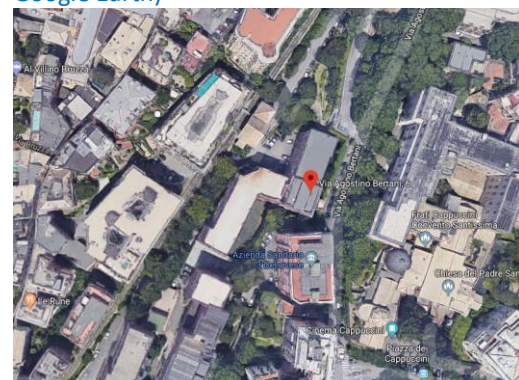


L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra ed uno seminterrato, in cui gli spazi sono tutti occupati dall’Istituto Deledda. Il piano seminterrato è occupato dalla Palestra e da altri spazi utilizzati da associazioni sportive.

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

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

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



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 ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽⁴⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽⁴⁾
-1	Palestra, Spogliatoi, Aule	[m ²]	650	533	0
0	Aule piano terra	[m ²]	714	710	0
1	Aule piano primo	[m ²]	884	839	0
2	Aule piano secondo ed uffici	[m ²]	884	835	24
3	Aule terzo piano ed uffici	[m ²]	884	816	141
4	Aule quarto piano	[m ²]	406	366	0
TOTALE		[m ²]	4.422	4.112	165

Nota (3): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (4): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

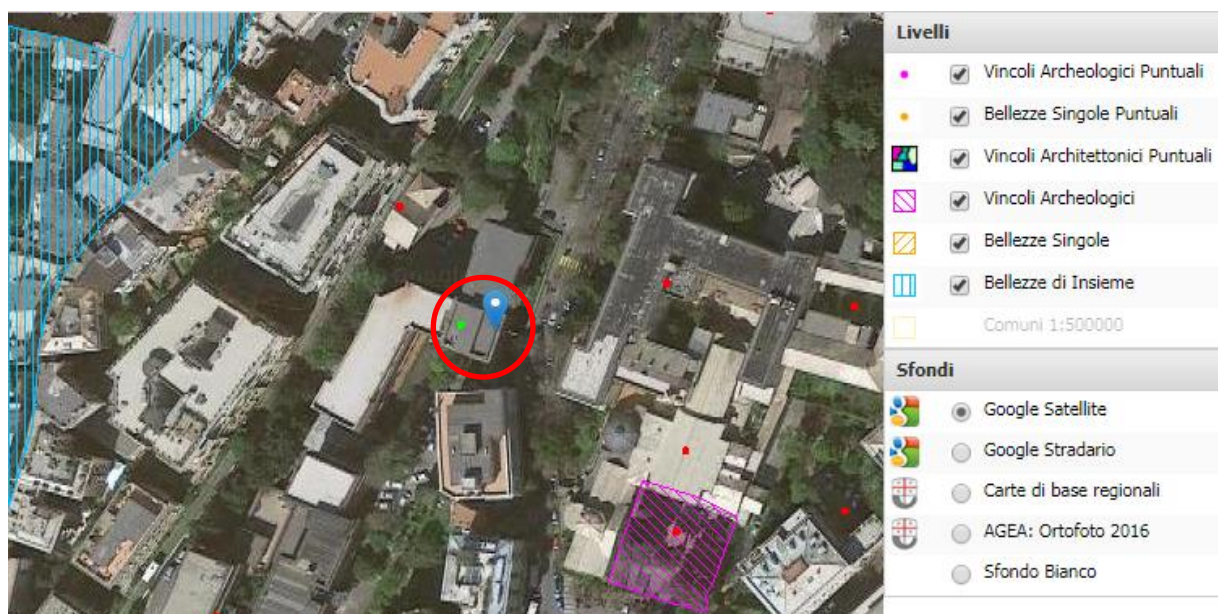
2.2 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI

L'edificio si trova nell'ex circoscrizione di Castelletto, un quartiere residenziale situato sulle alture che sovrastano il centro storico di Genova, compreso tra i quartieri Prè, Maddalena, Portoria e San Vincenzo a sud, Oregina a ovest e tre quartieri della Val Bisagno (San Fruttuoso, Marassi e Staglieno) a est.

L'ex circoscrizione "Castelletto" fa parte del Municipio I Centro Est e comprende le unità urbanistiche "Castelletto", "Manin" e "San Nicola".

La massiccia urbanizzazione di quest'area risale alla seconda metà dell'Ottocento.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sul portale dei Vincoli Architettonici, Archeologici e Paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l'edificio, denominato "Liceo Linguistico Deledda" presenta **Vincolo Architettonico** ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 42/2004.

L'immobile non ricade invece in zona sottoposta a vincolo paesaggistico ai sensi del D. Lgs. 42/2004.

L'edificio inoltre non ricade in zona soggetta a vincoli geomorfologici e idraulici.

L'immobile rimane pertanto sottoposto alle disposizioni di tutela contenute nel D.Lgs. 42/2004 “Codice dei Beni Culturali” e gli interventi edilizi sono ammissibili previa autorizzazione della Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici della Liguria.

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con le prescrizioni sugli interventi edilizi derivanti dal vincolo.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Cappotto interno pareti perimetrali	Vincolo architettonico		Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibili con l'esistente; intonaci a base di calce o da concordare con la Soprintendenza
EEM 2: Coibentazione esterna solaio di copertura	Vincolo architettonico		Soluzione estetica pari all'esistente e previa autorizzazione della Soprintendenza
EEM 3: Sostituzione infissi	Vincolo architettonico		Rispettare o ripristinare il legno come materiale del telaio degli infissi o altro materiale da concordare con la Soprintendenza
EEM 4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa a giri variabili	Vincolo architettonico		
EEM 5 : Sostituzione del generatore di calore			
EEM 6: Sostituzione corpi illuminanti	Vincolo architettonico		-

Nota (5): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.3 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.

Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati dalle apparecchiature presenti nella centrale termica a servizio della scuola.

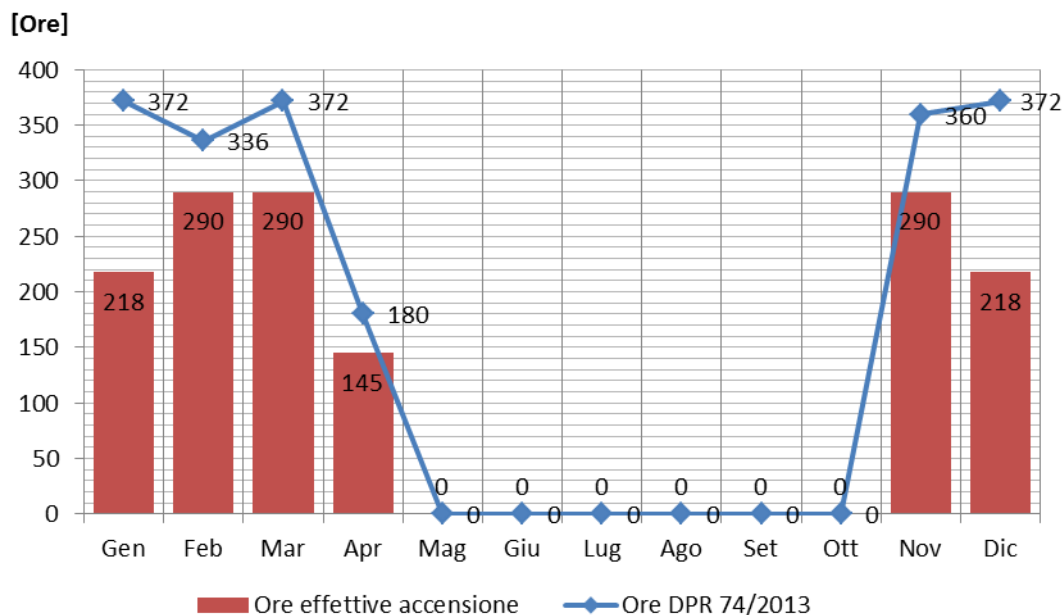
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Settembre - Ottobre	dal lunedì al venerdì	8.00 – 20.00 Palestra fino le 21.00	Spento
	sabato e domenica	Chiuso	Spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	8.00 – 20.00 Palestra fino le 21.00	6.00-20.30
	sabato e domenica	Chiuso	Spento

Dal 16 Aprile a Giugno	dal lunedì al venerdì	8.00 – 20.00 Palestra fino le 21.00	Spento
	sabato e domenica	Chiuso	Spento
Luglio – Agosto	tutti i giorni	Chiuso	Spento

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di apertura della scuola (mediamente aperta dalle 8 alle 20.30). Gli orari di accensione dell’impianto termico sono superiori alle 12 ore giornaliere in quanto la struttura è utilizzata per un ampio arco temporale. Per ulteriori motivazioni si rimanda al Servizio di Terzo Responsabile della centrale termica.

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 stipulato da FULGIS con una società esterna. Non sono disponibili informazioni relative alla manutenzione dell’impianto di climatizzazione estiva presente in alcuni locali dell’edificio.

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 926 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 GGrif ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1. Si sottolinea che probabilmente l'edificio in oggetto non vedrà 15 giorni di apertura e riscaldamento effettivi nel mese di aprile, ma è stato considerato ugualmente questo dato in quanto i 2/3 giorni di eventuali di riscaldamento in meno in quel mese sono compensati da altri giorni di apertura e riscaldamento in altri mesi (come ad esempio gennaio o dicembre), pertanto l'approssimazione ottenibile è ritenuta assolutamente accettabile. Di seguito il dettaglio della considerazione effettuata.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GGrif

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-

Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	111	926	100%

Si precisa che nel profilo mensile di utilizzo della struttura per il mese di aprile si è considerato un valore di 15 giorni di utilizzo anziché il valore di riferimento pari a 11 giorni. Tale variazione produce una modifica al valore dei GG_{rif}, che come si evince dalla tabella sottostante ha un'incidenza irrisoria sui consumi di Baseline per il riscaldamento calcolati secondo la metodologia indicata al paragrafo 5.1.1.

Tabella 3.3 – Variazione della Baseline di riscaldamento al variare dei giorni considerati per il mese di aprile.

Codice Edificio	Nome	Q baseline riscaldamento mese aprile 15 giorni	Q baseline riscaldamento mese aprile 11 giorni	Variazione assoluta [kWh]	Delta [%]
E1682	ISTITUTO "DELEDDA"	295.247	294.964	283	0,10%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

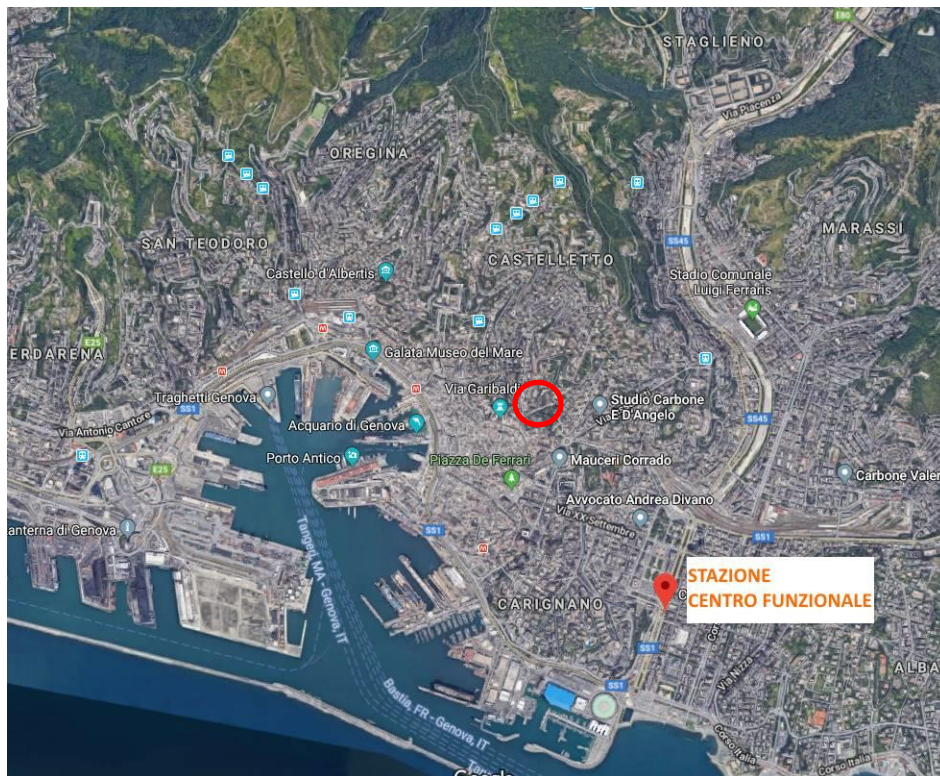
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

Da una ricerca sulle stazioni meteo presenti sul territorio comunale, reperite sul sito Ambiente della Regione Liguria, è risultato che le stazioni che riportano con maggiore completezza i dati medi di temperatura sono:

- *Castellaccio*, posta ad un'altitudine di 360 m s.l.m.
- *Centro Funzionale*, posta a 30 m slm.

Nell'edificio oggetto di diagnosi, posto ad un'altitudine di 58 m slm, sono stati utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili rispetto alla centralina di Castellaccio posta a circa 360 m sul livello del mare.

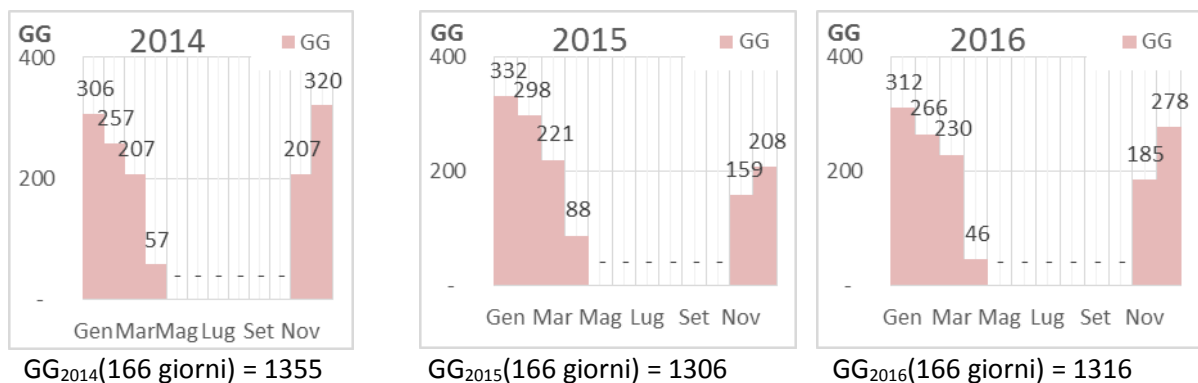
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

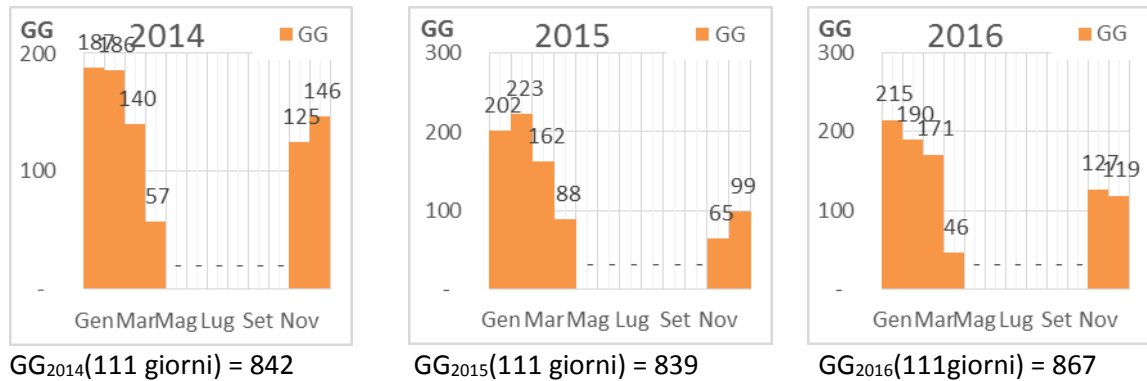


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 926 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 5.1.1.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG non è costante e subisce variazioni nel periodo considerato e si attesta molto al di sotto dei GG sia di norma e che del funzionamento a 166 giorni.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risalente al 1925 ed è realizzato in materiale misto pietra-laterizio pieno.

La finitura della pareti è ad intonaco.

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico blocco strutturale.

La struttura geometrica interna risulta molto omogenea, come anche dal punto di vista strutturale.

La copertura è terrazzata ed interamente verso esterno, ed è realizzata in calcestruzzo armato portante, non coibentata.

Figura 4.1 – Facciata esterna – Via Bertani 6



Figura 4.2 - Facciata esterna – Via Bertani 6



Figura 4.3 – Facciata esterna – Viale Bottaro



Figura 4.4 – Interno



Figura 4.5 – Esterno - Copertura



Figura 4.6 – Interno – Palestra



Figura 4.7 – Copertura palestra - particolare



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Come già anticipato non sono state rilevate particolari discontinuità nella struttura edilizia, con presenza di significativi ponti termici
- Sono state individuate delle differenze di temperatura in corrispondenza delle struttura marcapiano.

Figura 4.8 – Rilievo termografico dell'esterno - prospetto Viale Bottaro

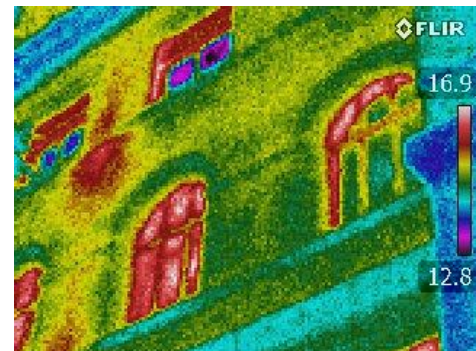
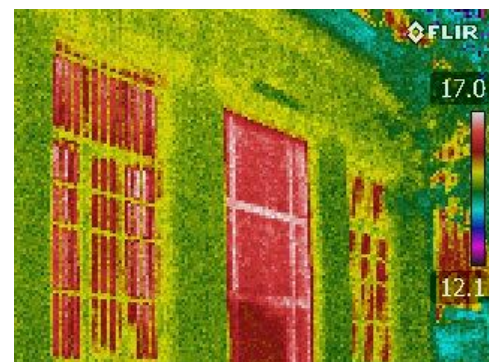


Figura 4.9 – Rilievo termografico dell'esterno - Palestra



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica. Tutte le prove diagnostiche proposte in sede di gara relative all'involucro opaco sono state correttamente svolte, in Allegato D-Report strumentazione è possibile individuare correttamente la strumentazione utilizzata.

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 [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Muro esterno - 50 cm	M1	500,0	Assente	1,926	Sufficiente
Muro esterno verso NR - 50 cm	M2	500,0	Assente	1,768	Sufficiente
Muro esterno verso cavedio - 50 cm	M3	500,0	Assente	1,768	Sufficiente
Porta in legno	M4	50,0	Assente	2,035	Sufficiente
Muro esterno - 40 cm	M5	400,0	Assente	2,180	Sufficiente
Muro esterno CT - 50 cm	M6	500,0	Assente	0,000	Sufficiente
Muro esterno NR - 120 cm	M7	1040,0	Assente	1,155	Sufficiente
Porta REI	M8	54,0	Assente	0,609	Sufficiente
Porta palestra	M9	50,0	Assente	0,468	Sufficiente
Pavimento contro terra	P1	445,0	Assente	0,338	Sufficiente
Solaio interpiano	P2	270,0	Assente	0,000	Sufficiente
Solaio verso NR	P3	255,0	Assente	1,690	Sufficiente
Solaio interpiano	S1	270,0	Assente	0,000	Sufficiente
Solaio verso esterno	S2	270,0	Assente	1,617	Sufficiente
Vetrocemento	S3	80,0	Assente	2,767	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da due diverse tipologie di serramenti, serramenti esterni, al piano secondo terzo e quarto sono presenti infissi con telaio in pvc e vetrocamera 4/14/4 installati nel 2007, mentre agli altri piani gli infissi presenti sono con telaio in legno e vetro singolo in condizioni critiche.

Figura 4.10 – Serramenti in legno e vetro singolo – Facciata Viale Bottero



Figura 4.11 - Serramenti in pvc e vetrocamera – Interno piano quarto



Figura 4.12 – Serramenti in legno e vetro singolo – Interno piano secondo



Figura 4.13 - Serramenti in metallo e vetro singolo – scuola materna – Ingresso istituto



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione del rilievo termografico e del rilievo mediante spessivetro, oltre a tutti gli altri idonei strumenti, secondo quanto indicato nell'Allegato D-Report strumentale.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli infissi presentano un comportamento normale con presenza di ampio ponte termico perimetrale
- Il grado di isolamento offerto dagli infissi dotati di vetro singolo è insufficiente, è discreto invece il livello di isolamento offerto dagli infissi con telaio in pvc e vetrocamera.

Figura 4.14 – Rilievo termografico dei serramenti esterni in pvc e vetrocamera

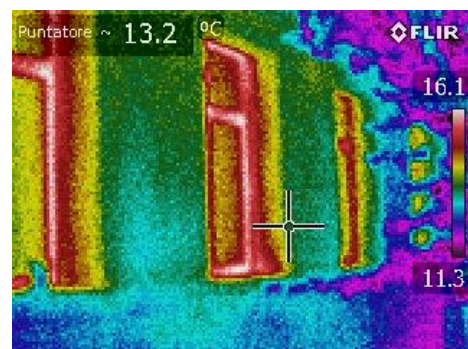
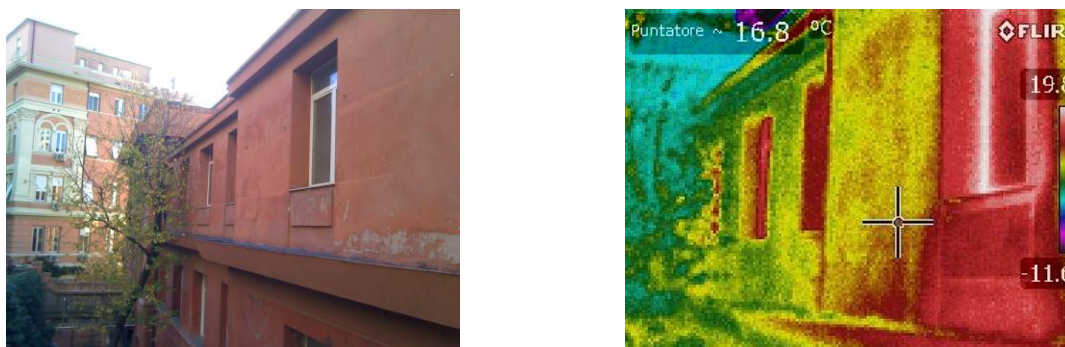


Figura 4.15 – Rilievo termografico dei serramenti esterni in pvc e vetrocamera



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	ALTEZZA	LARGHEZZA	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA - Uw [W/mqk]	STATO DI CONSERVAZIONE
		[mm]	[mm]				
P-1 - F1 - 200x300 legno vetro singolo	W1	300,0	200,0	legno	Singolo	4,039	Insufficiente
P-1 - F2 - 100x200 legno vetro singolo	W2	100,0	200,0	legno	Singolo	3,832	Insufficiente
P-1 - F3 - 150x320 legno vetro singolo	W3	320,0	150,0	legno	Singolo	4,010	Insufficiente
P-1 - F4 - 150x150 legno vetro singolo	W4	150,0	150,0	legno	Singolo	3,890	Insufficiente
P-1 - F5 - 190x190 legno vetro singolo	W5	190,0	190,0	legno	Singolo	3,973	Insufficiente
P-1 - F6 - 40x150 legno vetro singolo	W6	40,0	150,0	legno	Singolo	3,832	Insufficiente
P0 - F1 - 140x160 legno vetro singolo	W7	160,0	140,0	legno	Singolo	3,932	Insufficiente
P0 - F2 - 170x270 legno vetro singolo	W8	240,0	170,0	legno	Singolo	4,022	Insufficiente
P0 - F3 - 118x150 legno vetro singolo	W9	150,0	118,0	legno	Singolo	3,862	Insufficiente
P1 - F1 - 178x281 legno vetro singolo	W10	281,0	178,0	legno	Singolo	4,067	Insufficiente
P1 - F2 - 120x190 legno vetro singolo	W11	190,0	120,0	legno	Singolo	3,917	Insufficiente
P1 - F3 - 160x270 legno vetro singolo	W12	240,0	160,0	legno	Singolo	4,000	Insufficiente
P1 - F4 - 120x310 legno vetro singolo	W13	310,0	120,0	legno	Singolo	3,978	Insufficiente
P1 - F5 - 95x281 legno vetro singolo	W14	281,0	95,0	legno	Singolo	3,886	Insufficiente
P2 - F1 - 110x213 pvc vetrocamera	W15	213,0	110,0	pvc	Doppio	2,618	Buono
P2 - F2 - 160x213 pvc vetrocamera	W16	213,0	160,0	pvc	Doppio	2,588	Buono
P2 - F3 - 160x230 legno vetro singolo	W17	230,0	160,0	legno	Singolo	4,066	Insufficiente
P2 - F4 - 73x165 legno vetro singolo	W18	165,0	73,0	legno	Singolo	3,627	Insufficiente
P3 - F1 - 200x230 pvc vetrocamera	W19	230,0	200,0	pvc	Doppio	2,571	Buono
P3 - F2 - 105x220 pvc vetrocamera	W20	220,0	105,0	pvc	Doppio	2,622	Buono
P3 - F3 - 200x225 pvc vetrocamera	W21	225,0	200,0	pvc	Doppio	2,572	Buono
P3 - F4 - 94x235 pvc vetrocamera	W22	235,0	94,0	pvc	Doppio	2,632	Buono
P3 - F5 - 100x220 legno vetro singolo	W23	220,0	100,0	legno	Singolo	3,870	Insufficiente
P3 - F6 - 280x380 metallo vetro singolo	W24	380,0	280,0	metallo	Singolo	5,086	Sufficiente
P4 - F1 - 150x200 legno vetro singolo	W25	200,0	150,0	legno	Singolo	4,014	Insufficiente
P4 - F2 - 170x200 legno vetro singolo	W26	200,0	170,0	legno	Singolo	4,052	Insufficiente
P3 - F3 - 50x200 pvc vetrocamera	W27	200,0	50,0	pvc	Doppio	2,545	Buono
P3 - F4 - 170x280 pvc vetrocamera	W28	280,0	170,0	pvc	Doppio	2,559	Buono
P3 - F5 - 130x200 pvc vetrocamera	W29	200,0	130,0	pvc	Doppio	2,586	Buono
P3 - F6 - 190x200 pvc vetrocamera	W30	200,0	190,0	pvc	Doppio	2,565	Buono
P4 - F7 - 57x200 legno vetro singolo	W31	200,0	57,0	legno	Singolo	3,731	Insufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una centrale termica unica costituita da una caldaia a basamento di tipo tradizionale, alimentata a gasolio, collegata a cinque circuiti di distribuzione che servono l'intero complesso edilizio.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa

Figura 4.16 – Radiatori in palestra



I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE, eseguito su software certificato, secondo le norme UNI TS 11300, sono i seguenti:

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Istituto Deledda	Radiatori in ghisa	90,3%

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella seguente tabella.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche tecniche dei terminali di emissione rilevati

ZONA TERMICA	NUMERO	TIPO DI INSTALLAZIONE	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Istituto Deledda – tutti i piani	187 RADIATORI 6 SPLIT PER CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	Radiatori su parete esterna non isolata	356	22

In fase di sopralluogo non è stato possibile desumere la potenza di ciascun radiatore non conoscendo le loro specifiche tecniche. Pertanto tale dato è stato ricostruito via software, ritendendo che quanto installato corrisponda all'effettivo fabbisogno. La valutazione è stata fatta considerando un Δt lato acqua di 10°C e Δt lato aria 50°C. Lo stesso vale per la potenza frigorifera complessiva.

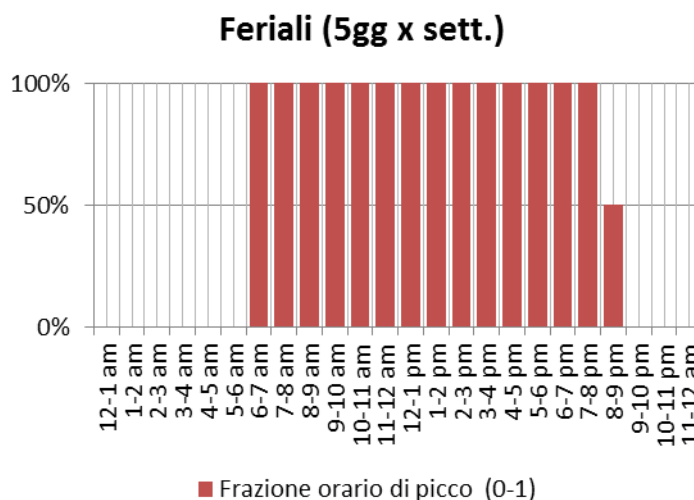
L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso cronotermostato con orari pre-impostati, inoltre in centrale termica è presente un sistema di telegestione e telecontrollo dotato anche di una centralina climatica con sonda esterna. Tutti i radiatori della scuola sono sprovvisti di valvole termostatiche per la regolazione locale della temperatura.

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

Figura 4.17 - Profilo di funzionamento invernale feriale dell'impianto



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 eseguito su software certificato, secondo le norme UNI TS 11300 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
Istituto Deledda	Solo Climatica con compensazione sonda esterna	80,8%

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 dedicato all'Istituto Deledda è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di collegamento tra il generatore di calore ed il collettore principale da cui partono i 5 circuiti.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6, con i dati tecnici ricavati dalle schede tecniche delle pompe stesse, marca GRUNDFOS, modello UPSD 80-120-F. Le pompe gemellari sono a giri fissi e presentano un funzionamento alternato.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME		SERVIZIO	PORTATA MASSIMA	PREVALENZA MASSIMA	POTENZA MASSIMA ASSORBITA
			[m ³ /h]	[m]	[kW]
Generatore di calore	EG01	Pompa gemellare di mandata acqua calda da generatore di calore al collettore principale	63,8	11	2x1,5
TOTALE			63,8	11	1,5

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Generatore di calore	Mandata	Caldo	35	80
	Ritorno	Caldo	20	60

Come si evince dalla tabella soprastante la differenza fra temperature rilevate e temperature di calcolo (fanno riferimento alle condizioni convenzionali di progetto), dipende dalla presenza della regolazione di caldaia mediante curva climatica e sonda esterna di temperatura. Le condizioni di progetto sono riferite ad una temperatura esterna di 0°C. Le temperature rilevate sono state acquisite durante il sopralluogo in orario di apertura della scuola con temperatura esterna di 14°C circa.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione dell'impianto di riscaldamento invernale è stato assunto nella DE pari al 99%, come calcolato con software certificato Edilclima EC700 che implementa le norme UNI TS 11300.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento di tipo tradizionale alimentata a gasolio che produce acqua calda dedicata al servizio di riscaldamento invernale dell'edificio analizzato.

Figura 4.18 – Posizionamento generatore di calore Figura 4.19 - Distribuzione centrale termica



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche generatore di calore

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
GC01 Riscaldamento	IVAR	SUPERAC 520	2004	577	523	90,6%	1,4

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari a 89,6%, calcolato con software di simulazione energetica che implementa le norme UNI TS 11300. Il rendimento risultato dall’ultima prova fumi resa disponibile, risalente al gennaio 2017, è pari al 90,7%, valore allineato al dato di targa e di poco superiore a quello utilizzato per la diagnosi energetica. I valori riportati in tabella sono stati presi dal libretto di centrale e dalla targa del generatore di calore.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di ACS avviene mediante l’ausilio di 4 boiler elettrici con accumulo integrato dislocati all’interno della struttura in corrispondenza dei servizi igienici dell’Istituto.

Figura 4.20 – Boiler elettrico _ 75 l



Le caratteristiche del sistema di produzione di ACS sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche impianto di produzione ACS

SERVIZIO	MARCA	Volume l	Numero	POTENZA ASSORBITA kW
ACS	ARISTON	75	2	1,2X2
ACS	ARISTON	15	1	1,2
ACS	ARISTON	30	1	1,5
TOTALE			4	5,1

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.10.

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92,6%	-	-	75%	35,6%

Nel sistema di produzione di ACS in oggetto non è presente alcun sistema di ricircolo e alcun sistema di accumulo. I rendimenti indicati sono stati calcolati con software di simulazione energetica che implementa le norme UNI TS 11300.

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 grazie alla presenza di 6 split autonomi presenti in alcuni uffici del piano secondo e terzo. Le aule dell’Istituto Deledda non risultano raffrescate in estate.

Figura 4.21 – Unità esterna – impianto di climatizzazione estiva



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

Tabella 4.11 – 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
97%	94%	100%	-	280%	127,4%

Nell’impianto di climatizzazione estiva non è presente alcun sistema di accumulo. I rendimenti indicati sono stati calcolati con software di simulazione energetica che implementa le norme UNI TS 11300, ipotizzando split di tipo commerciale con COP 2,8 in quanto le targhette delle macchine interne visionate non erano leggibili.

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.

4.5 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 ad esempio le attrezzature delle aule ed altri dispositivi in uso del personale (pc, LIM e stampante multifunzione).

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE - STIMA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore] - STIMA
Ascensore	1	2000	2000	180
LIM	1	340	340	540
Fotocopiatrice- stampante	4	200	800	780
Distributori bevande	9	800	7200	6048
tv	36	200	7200	900
pc	39	200	7800	900
Ascensore	1	2000	2000	180

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 e negli appositi file dell’Allegato B..

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito da lampade a neon fluorescenti di tipo T8. Al piano secondo sono presenti alcuni paneled ed al quarto piano sono stati inseriti dei sensori di presenza per la regolazione automatica dell’accensione e dello spegnimento delle luci.

Figura 4.22 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nell’edificio- fluorescente 1x58W



L’elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
P-1	Fluorescente	22	1X58	1276
P-1	Fluorescente	5	2X36	360
P-1	Fluorescente	2	1X36	72
P-1	Fluorescente	1	2X58	116
P0	Fluorescente	48	1X58	2784
P0	Fluorescente	1	1X36	36
P1	Fluorescente	39	1X58	2262
P1	Fluorescente	4	2X58	464
P2	Fluorescente	46	1X58	2668
P2	Fluorescente	2	2X58	232
P2	PANEL LED	8	38	304
P3	Fluorescente	60	1X58	3480
P3	Fluorescente	3	2X58	348
P3	Alogene	4	200	800
P4	Fluorescente	29	1X58	1682

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.

5 CONSUMI RILEVATI

5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE ENERGETICO

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gasolio;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

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

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	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm ³]	[kWh/Nm ³]	[Sm ³ /Nm ³]	[kWh/Sm ³]
Gasolio	11,87 ⁽⁶⁾	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (6) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La centrale termica è alimentata a Gasolio, non è presente Gas Metano all'interno della struttura e pertanto non è presente nemmeno un PDR.

Sono stati forniti i dati dei volumi di Gasolio forniti nel periodo 2014-2016. Questi valori sono stati ripartiti secondo i GG del periodo di riferimento al fine di individuare il profilo annuale di consumo del combustibile.

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.2.

Tabella 5.2 - Consumi annuali di energia termica per il triennio di riferimento – Dati del fornitore di Gasolio.

Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[l]	[l]	[l]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
	Gasolio	Gasolio	Gasolio	Gasolio	Gasolio	Gasolio
Riscaldamento	27.000	26.000	27.500	272.417	262.327	277.461

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

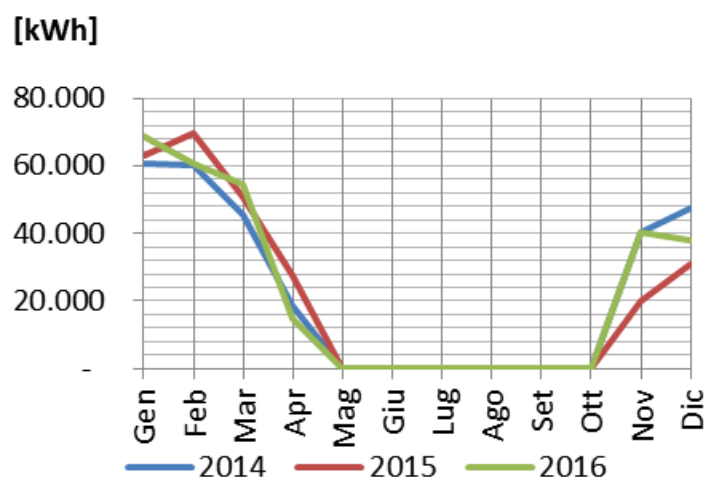
Di seguito si riporta la stima dei consumi riportati nella Tabella 5.3. e la suddivisione mensile degli stessi, calcolata in base ai gradi giorno della stazione meteo di riferimento (Centro Funzionale).

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento

	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[l]	[l]	[l]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	6.011	6.257	6.821	60.645	63.127	68.825
Feb	5.966	6.917	6.011	60.192	69.787	60.650
Mar	4.498	5.014	5.420	45.387	50.589	54.683
Apr	1.838	2.736	1.456	18.543	27.608	14.687
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	4.000	2.005	4.021	40.354	20.230	40.572
Dic	4.688	3.071	3.771	47.296	30.985	38.044
Totale	27.000	26.000	27.500	272.417	262.327	277.461

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici stimati



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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto sono nulli.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REALI} SU [111] GIORNI	GG ^{RIF} SU [111] GIORNI	Consumo Reale [L]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione α_{rif}	Consumo normalizzato a 1421 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	842	926	27.000	272.417	323,6	299.734	-	-
2015	839	926	26.000	262.327	312,7	289.596	-	-
2016	867	926	27.500	277.461	320,0	296.360	-	-
Media	849	926	26.833	270.735	318,8	295.247	-	-

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	295.247
$Q_{baseline}$	295.247

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 2 diversi contatori.

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.

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

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00097885	Istituto Deledda	28.706	30.529	26.078	31.771
IT001E00097882	Istituto Deledda	33.338	35.972	37.272	35.527
TOTALE		62.044	66.501	73.350	67.298

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 67.298 kWh.

Di seguito si riportano i consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fascia per tutti i POD analizzati

Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento – POD1

POD: IT001E00097885	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.918	726	717	3.361
Feb - 14	1.836	740	553	3.129
Mar - 14	1.694	786	610	3.090
Apr - 14	1.411	492	587	2.490
Mag - 14	1.457	610	683	2.750
Giu - 14	634	329	542	1.505
Lug - 14	420	284	514	1.217
Ago - 14	263	226	459	948
Set - 14	987	375	568	1.930
Ott - 14	1.590	461	610	2.661
Nov - 14	1.589	512	645	2.746
Dic - 14	1.632	512	735	2.879
Totale	15.431	6.053	7.223	28.706
POD: IT001E00097885	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.903	514	649	3.066
Feb - 15	2.045	521	595	3.161
Mar - 15	1.993	509	626	3.128
Apr - 15	1.469	407	671	2.547
Mag - 15	1.305	413	676	2.394
Giu - 15	793	336	606	1.735
Lug - 15	333	205	375	913
Ago - 15	335	216	462	1.013
Set - 15	1.287	521	829	2.637
Ott - 15	1.952	585	774	3.311
Nov - 15	1.913	543	801	3.257
Dic - 15	1.977	562	828	3.367
Totale	17.305	5.332	7.892	30.529
POD: IT001E00097885	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.006	547	791	3.344
Feb - 16	2.331	589	719	3.639
Mar - 16	1.949	566	780	3.295
Apr - 16	1.647	529	772	2.948
Mag - 16	1.651	487	741	2.879

Giu - 16	910	378	696	1.984
Lug - 16	506	363	652	1.521
Ago - 16	467	335	656	1.458
Set - 16	1.471	626	985	3.082
Ott - 16	2.027	781	1.197	4.005
Nov - 16	2.180	726	1.158	4.064
Dic - 16	1.796	750	1.313	3.859
Totale	18.941	6.677	10.460	36.078

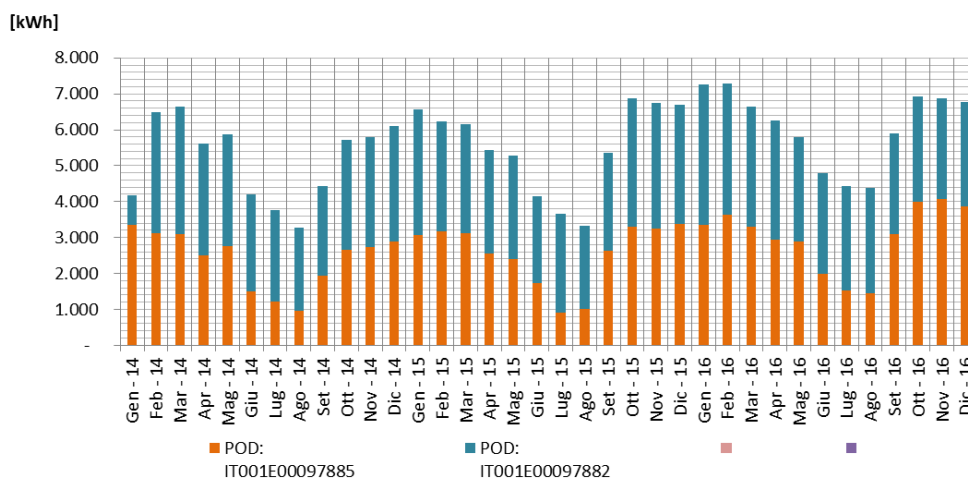
Tabella 5.8 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento – POD2

POD: IT001E00097882	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	249	182	370	801
Feb - 14	2.104	531	723	3.358
Mar - 14	1.863	858	827	3.548
Apr - 14	1.673	632	832	3.137
Mag - 14	1.575	662	872	3.109
Giu - 14	1.210	522	951	2.683
Lug - 14	1.129	535	892	2.556
Ago - 14	847	509	963	2.319
Set - 14	1.372	432	691	2.495
Ott - 14	1.877	465	705	3.047
Nov - 14	1.792	477	782	3.051
Dic - 14	1.881	495	858	3.234
Totale	17.572	6.300	9.466	33.338
POD: IT001E00097882	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.162	540	804	3.506
Feb - 15	1.954	473	633	3.060
Mar - 15	1.821	493	718	3.032
Apr - 15	1.637	454	806	2.897
Mag - 15	1.556	500	833	2.889
Giu - 15	1.157	453	805	2.415
Lug - 15	1.372	518	866	2.756
Ago - 15	913	472	924	2.309
Set - 15	1.465	483	776	2.724
Ott - 15	2.172	571	825	3.568
Nov - 15	2.048	584	857	3.489
Dic - 15	1.834	514	979	3.327
Totale	20.091	6.055	9.826	35.972
POD: IT001E00097882	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]

Gen - 16	2.336	592	994	3.922
Feb - 16	2.254	588	813	3.655
Mar - 16	1.885	569	898	3.352
Apr - 16	1.757	615	945	3.317
Mag - 16	1.524	522	866	2.912
Giu - 16	1.475	506	839	2.820
Lug - 16	1.525	522	866	2.913
Ago - 16	1.524	523	866	2.913
Set - 16	1.475	506	839	2.820
Ott - 16	1.525	522	866	2.913
Nov - 16	1.475	506	839	2.820
Dic - 16	1.525	523	867	2.915
Totale	20.280	6.494	10.498	37.272

Considerando la presenza di più POD a servizio dell’edificio in oggetto, si riporta la Figura 5.2 con 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 5.9.

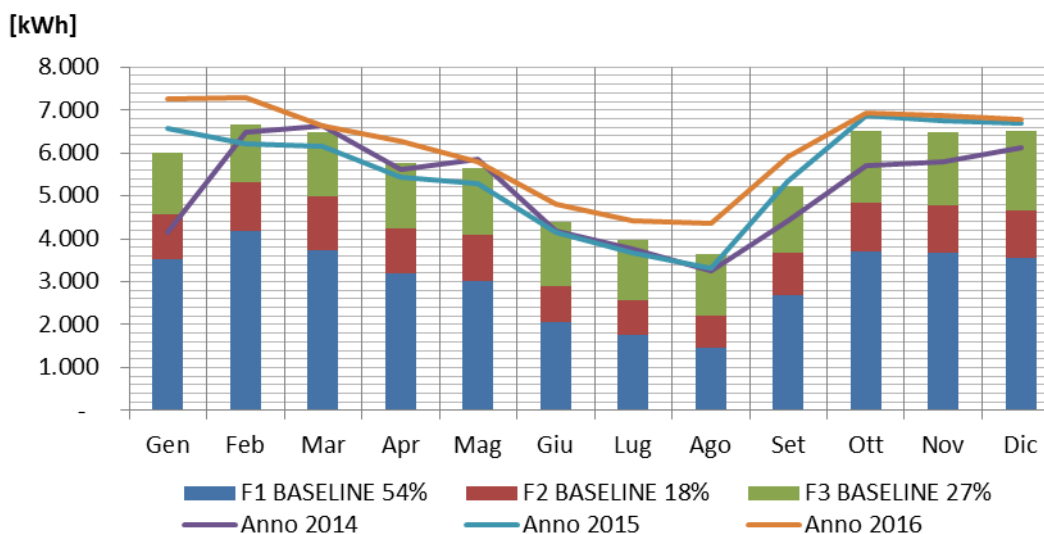
Tabella 5.9 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.525	1.034	1.442	6.000
Febbraio	4.175	1.147	1.345	6.667
Marzo	3.735	1.260	1.486	6.482
Aprile	3.198	1.043	1.538	5.779
Maggio	3.023	1.065	1.557	5.644
Giugno	2.060	841	1.480	4.381
Luglio	1.762	809	1.388	3.959
Agosto	1.450	760	1.443	3.653

Settembre	2.686	981	1.563	5.229
Ottobre	3.714	1.128	1.659	6.502
Novembre	3.666	1.116	1.694	6.476
Dicembre	3.548	1.119	1.860	6.527
Totale	36.540	12.304	18.455	67.298

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti ricorrenti. Le curve di consumi seguono i periodi di apertura dell'edificio ed è possibile notare un aumento di consumi del 2016 rispetto ai due anni precedenti, che è possibile individuare anche all'interno dei consumi dei singoli POD.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.10.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

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

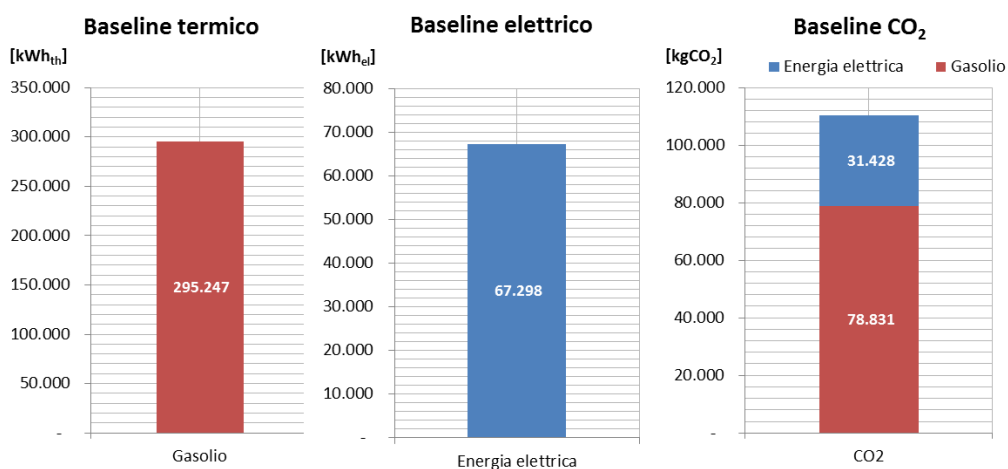
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.11 e nella Figura 5.4

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gasolio	295.247	0,267	78.831
Energia elettrica	67.298	0,467	31.428

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 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Gasolio	1,07	0	1,07
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 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.112	m ²
FATTORE 2	Superficie lorda riscaldata e non riscaldata	4.422	m ²
FATTORE 3	Volume lordo riscaldato	23.305	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gasolio	295.247	1,07	315.914	76,8	16,7	13,6	19,17	4,16	3,38
Energia elettrica	67.298	2,42	162.862	39,6	8,6	7,0	7,64	1,66	1,35
TOTALE			478.776	116	25	21	27	6	5

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gasolio	295.247	1,07	315.914	76,8	71,4	13,6	19,17	17,83	3,38
Energia elettrica	67.298	1,95	131.231	39,6	36,8	7,0	7,64	7,11	1,35
TOTALE			447.146	116	108	21	27	25	5

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

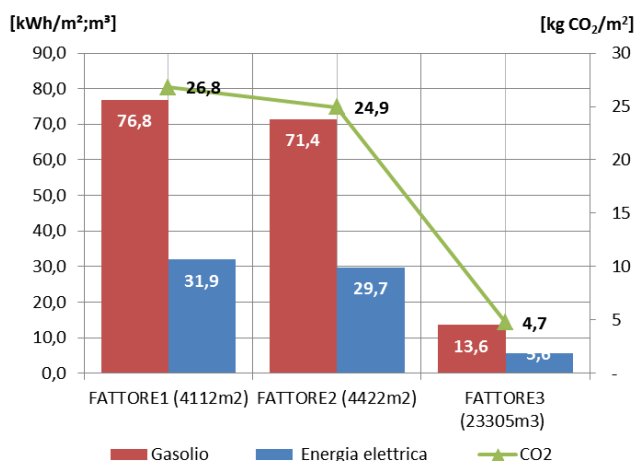
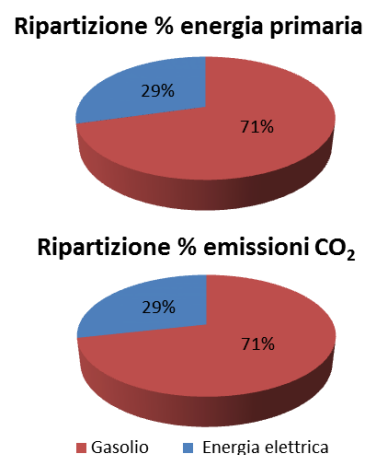


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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

L’indicatore introdotto dalla Guida ENEA-FIRE si basa sui consumi di energia per energia termica 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 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gasolio	5,9	5,6	6,0	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	10,6	11,4	12,5

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo relativamente ad IEN_R un valore pressoché costante nel triennio considerato. Il giudizio per questo indicatore è buono per tutti i 3 anni considerati.

IEN_E subisce invece un progressivo aumento del valore, dovuto appunto ad aumento dei consumi così come registrato dai dati di fatturazione di energia elettrica. Il giudizio per questo indicatore risulta buono dal primo all'ultimo anno considerato, in quanto l'edificio ricade nella categoria di edifici dotati di impianto di climatizzazione estiva.

Per la sintesi ed il confronto di tutti gli indicatori di performance energetici ed ambientali degli edifici del Lotto 1, si rimanda all'Allegato M – Report di Benchmark allegato alla presente diagnosi energetica.

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	EP _{gl}	kWh/mq anno	161,47	152,26
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	121,69	120,20
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,11	0,90
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	4,35	3,67
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	33,09	26,66
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,03	0,83
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	39	39

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kg] – [kWh]	[kWh/anno]
Gasolio	36.918	468.889
Energia Elettrica	91.687	178.789

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

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

Dove:

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

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(7)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (7) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor ipotizzando un profilo di consumi annuali di utilizzo delle attrezzature della cucina.

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 il reale funzionamento degli edifici serviti dalla medesima centrale termica, ognuno con il proprio orario di accensione e spegnimento degli impianti ed inserendo nel modello tutti i dati tecnici rilevati in sede di sopralluogo.

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	EP _{gl}	kWh/mq anno	108,21	102,05
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	80,13	79,43
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,11	0,90
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	4,47	3,60
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	21,46	17,29
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,03	0,83
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	26	26

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. I valori di EP globali sopra riportati di scostano di una piccola percentuale rispetto agli EP calcolati dai dati di consumo e baseline individuati, pertanto risultano coerenti.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kg] – [kWh]	[kWh/anno]
Gasolio	24.765	314.536
Energia Elettrica	64.963	126.678

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (Q_{baseline}) così come definito al precedente capitolo 5.1.1 ed il fabbisogno teorico (Q_{teorico}) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico termico (valutazione adattata all’utenza)

Q _{teorico}	Q _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
293.959	295.247	0%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

EE _{teorico}	EE _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
64.963	67.298	4%

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

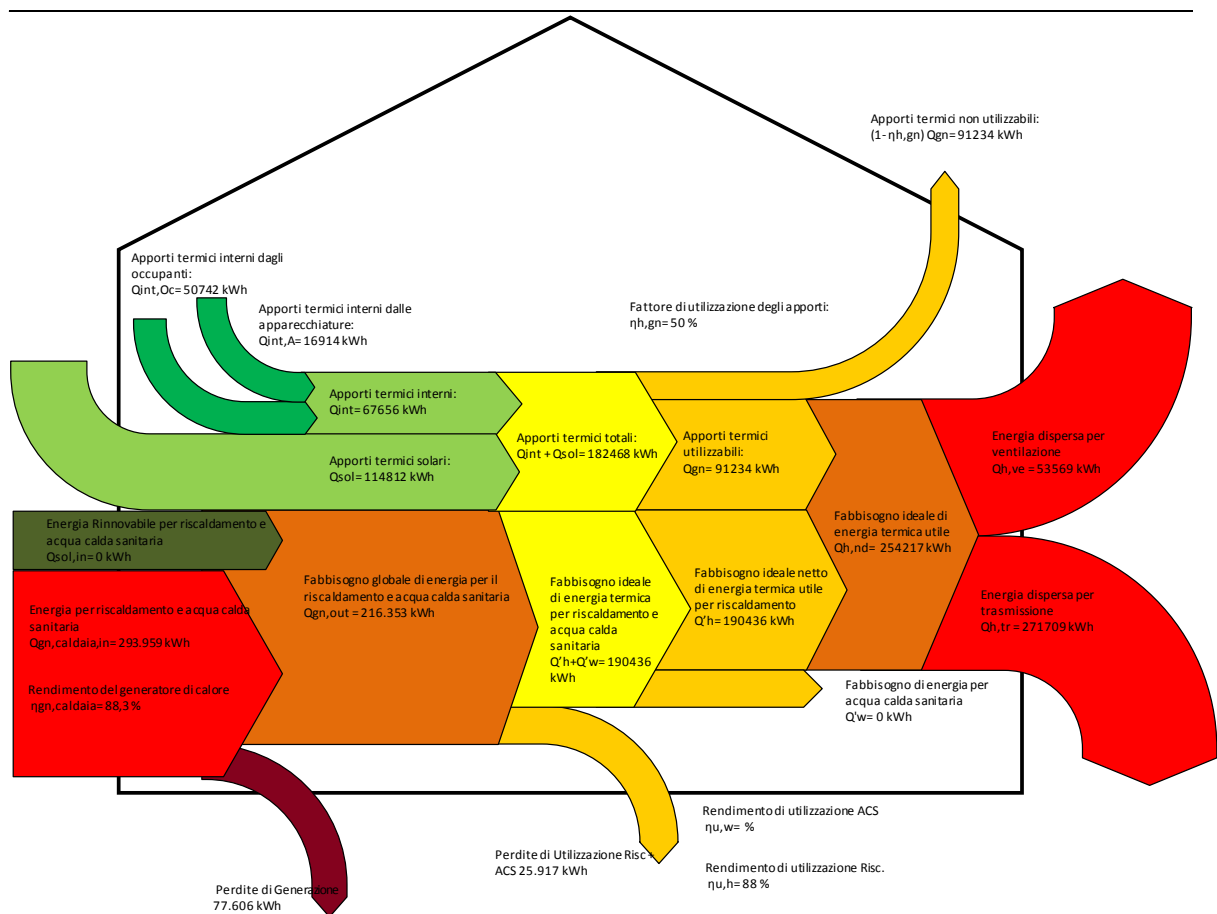
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

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

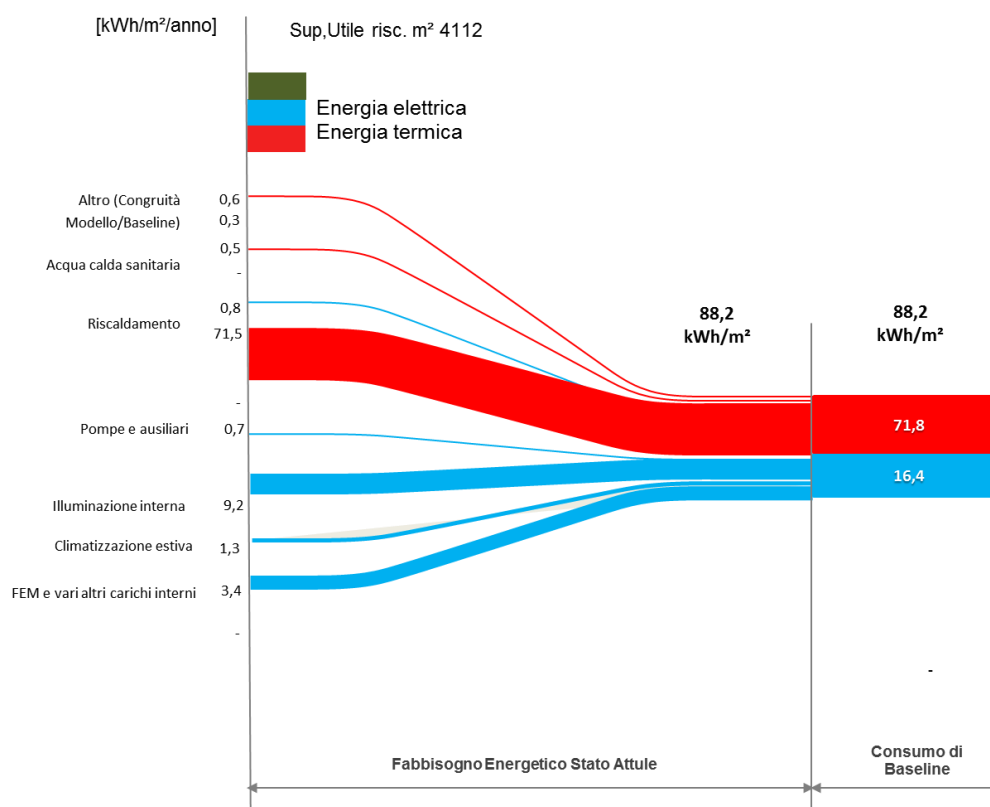


Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che la maggior parte di energia termica è dispersa per trasmissione e non si ha il contributo di energia rinnovabile in ingresso all'edificio.

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

Figura 6.2.

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



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

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

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

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

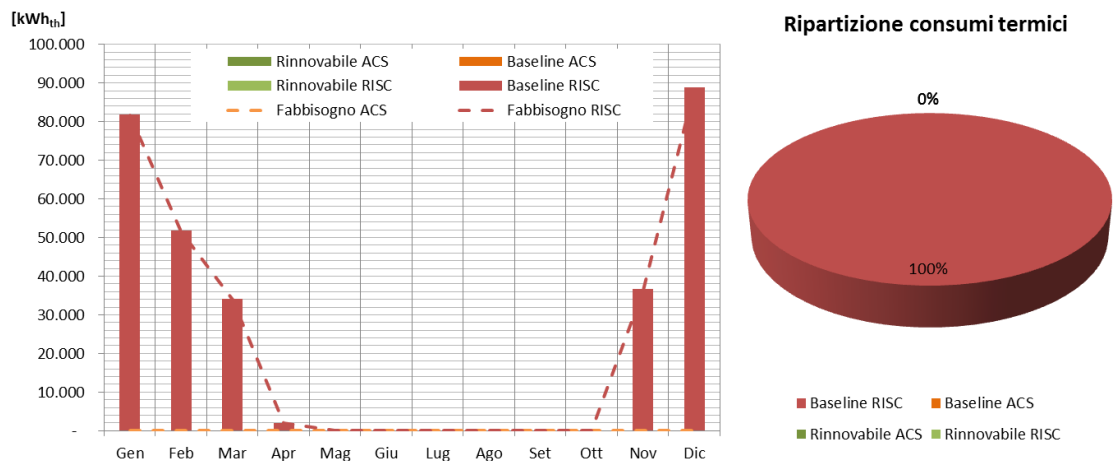
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che non si ha un contributo di energia rinnovabile e che il consumo maggiore di energia termica è a carico del servizio di riscaldamento, mentre la maggioranza del consumo elettrico è a carico dell’illuminazione dell’edificio.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



Si può notare come tutti i consumi termici sono da attribuirsi esclusivamente al servizio di riscaldamento invernale degli ambienti.

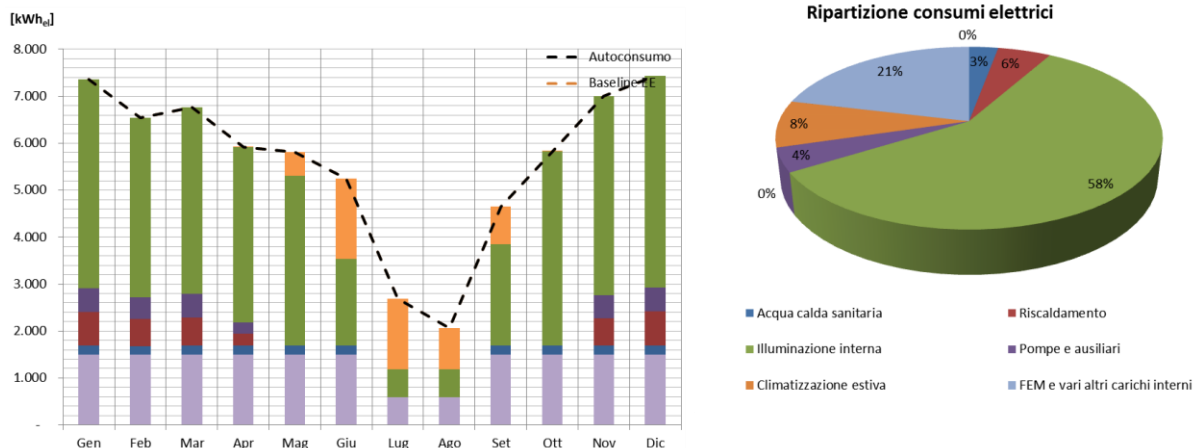
Inoltre è possibile individuare che non sono presenti contributi di energia rinnovabile per riscaldamento invernale.

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 al sistema di illuminazione interna, seguito da FEM e climatizzazione estiva. La componente FEM è stata calcolata in base a delle potenze elettriche stimate per le attrezzature rilevate in sede di sopralluogo ed ipotizzando un profilo di funzionamento annuale. Per il dettaglio dei calcoli si rimanda ai contenuti dell'Allegato B – Elaborati.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite una cisterna interrata contenente Gasolio
Nelle Tabella 7.1 si riportano l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento fornito, suddiviso nelle varie componenti, ricostruito in base ai costi medi unitari per il Gasolio (2014-2016), reperiti sul sito ARERA.

Tabella 7.1 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento.

0	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	4.486	-	-	2.424	1.520	8.430	60.645	0,139
Feb - 14	4.510	-	-	2.405	1.521	8.437	60.192	0,140
Mar - 14	3.355	-	-	1.814	1.137	6.306	45.387	0,139
Apr - 14	1.349	-	-	741	460	2.549	18.543	0,137
Mag - 14				-	-	-	-	-
Giu - 14				-	-	-	-	-
Lug - 14				-	-	-	-	-
Ago - 14				-	-	-	-	-
Set - 14				-	-	-	-	-
Ott - 14				-	-	-	-	-
Nov - 14	2.761	-	-	1.613	962	5.336	40.354	0,132
Dic - 14	2.974	-	-	1.890	1.070	5.935	47.296	0,125
Totale	19.435	-	-	10.887	6.671	36.992	272.417	0,136
0	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	3.518	-	-	2.523	1.329	7.370	63.127	0,117
Feb - 15	3.978	-	-	2.789	1.489	8.256	69.787	0,118
Mar - 15	3.033	-	-	2.022	1.112	6.166	50.589	0,122
Apr - 15	1.646	-	-	1.103	605	3.354	27.608	0,121
Mag - 15				-	-	-	-	-
Giu - 15				-	-	-	-	-
Lug - 15				-	-	-	-	-
Ago - 15				-	-	-	-	-
Set - 15				-	-	-	-	-

Ott - 15								
Nov - 15	1.054	-	-	808	410	2.272	20.230	0,112
Dic - 15	1.478	-	-	1.238	598	3.313	30.985	0,107
Totale	14.707	-	-	10.483	5.542	30.732	262.327	0,117
0	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	2.882	-	-	4.855	1.702	9.439	68.825	0,137
Feb - 16	2.357	-	-	4.279	1.460	8.096	60.650	0,133
Mar - 16	2.168	-	-	3.858	1.326	7.352	54.683	0,134
Apr - 16	621	-	-	1.036	364	2.021	14.687	0,138
Mag - 16				-	-	-	-	-
Giu - 16				-	-	-	-	-
Lug - 16				-	-	-	-	-
Ago - 16				-	-	-	-	-
Set - 16				-	-	-	-	-
Ott - 16				-	-	-	-	-
Nov - 16	1.890	-	-	2.862	1.045	5.798	40.572	0,143
Dic - 16	1.834	-	-	2.684	994	5.512	38.044	0,145
Totale	11.752	-	-	19.574	6.892	38.217	277.461	0,138

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 da ARERA.

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

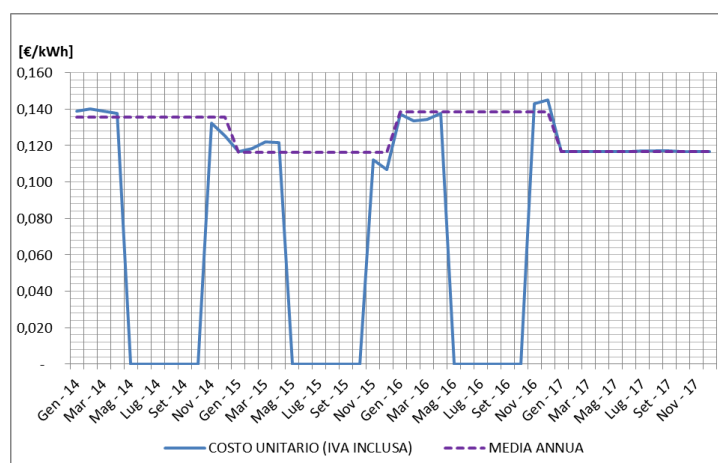
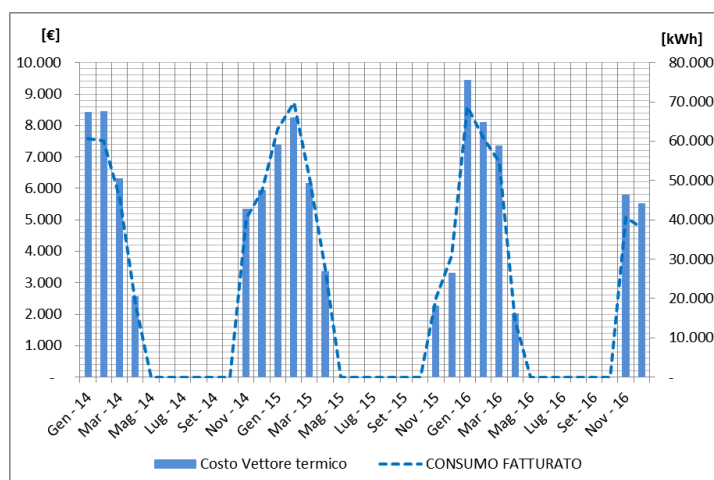


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite 2 POD presente all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097885
- POD 2 - IT001E00097882

Per il POD 1 il contratto di fornitura del vettore energetico è stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura, per il POD2 invece il contratto è stipulato direttamente da FULGIS con la società di fornitura. E’ stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nelle seguenti tabelle si riportano le principali caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento dei POD elencati.

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento – POD 1

POD 1 – IT001E00097885	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	1- EDISON ENERGIA SPA 2 GALA SPA	1 - GALA SPA – 2 - IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN MERCATO DA APRILE 2016
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA MARZO 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA SPA DA MARZO 2015
Potenza elettrica impegnata	15 kW,	15 kW,	15 kW,
Potenza elettrica disponibile	17 kW	17 kW	17 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	1 - Forniture in BT (Escluso IP) - 2 - CONSIP EE12 Lotto 2	1 - Forniture in BT (Escluso IP) - CONSIP EE12 Lotto 2 - 2 - CONSIP13 VERDE - L0390

Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽⁸⁾	0,09	0,06	0,07
--	------	------	------

Nota (8): 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.

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento – POD 2

POD 1 – IT001E00097880	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	FULGIS	FULGIS	FULGIS
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	1- EDISON ENERGIA SPA 2 IREN SPA	IREN SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO IREN DA MARZO 2015	Precedente
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA FEBBRAIO 2015	-
Potenza elettrica impegnata	30 kW	30 kW	30 kW
Potenza elettrica disponibile	30 kW	30 kW	30 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	1 - Forniture in BT (Escluso IP) - 2 - Utenza Bassa tensione usi diversi	CONSIP 14 PUN LOTTO 2 - L0639
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽⁹⁾ €/kWh	0,08	0,06	0,06

Nota (9): 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.

Nelle seguenti tabelle si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti, per ogni POD analizzato.

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento – POD 1

POD: IT001E00097885	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	301	54	258	42	65	720	3.361	0,214
Feb - 14	282	54	241	39	62	678	3.129	0,217
Mar - 14	278	54	238	39	61	670	3.090	0,217
Apr - 14	232	54	197	31	51	566	2.490	0,227
Mag - 14	255	46	219	34	55	610	2.750	0,222
Giu - 14	136	54	125	19	33	367	1.505	0,244
Lug - 14	77	37	100	15	23	253	1.217	0,208
Ago - 14	81	54	84	12	23	253	948	0,267
Set - 14	174	54	159	24	41	451	1.930	0,234
Ott - 14	239	54	220	33	55	601	2.661	0,226
Nov - 14	244	54	223	34	56	611	2.746	0,222

Dic - 14	250	54	236	36	58	576	2.879	0,200
Totale	2.549	619	2.302	359	583	6.355	28.706	0,221
POD: IT001E00097885	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	256,41	53,86	238,57	38,33	58,72	646	3.066	0,211
Feb - 15	255,49	53,86	245,06	39,51	59,39	653	3.161	0,207
Mar - 15	243,65	53,86	244,16	39,10	58,08	639	3.128	0,204
Apr - 15	150,95	46,08	202,98	31,84	43,18	475	2.547	0,187
Mag - 15	137,43	43,38	192,59	29,93	40,33	444	2.394	0,185
Giu - 15	98,42	37,98	142,33	21,69	30,04	330	1.735	0,190
Lug - 15	49,41	22,13	80,33	11,41	16,33	180	913	0,197
Ago - 15	54,25	22,13	84,77	12,66	17,38	191	1.013	0,189
Set - 15	129,22	43,74	211,07	32,96	41,70	459	2.637	0,174
Ott - 15	148,51	54,98	274,83	41,39	51,97	572	3.311	0,173
Nov - 15	146,83	54,98	270,82	40,71	51,33	565	3.257	0,173
Dic - 15	255,16	54,98	279,88	42,09	63,21	695	3.367	0,207
Totale	1.926	542	2.467	382	532	5.848	30.529	0,192
POD: IT001E00097885	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	228,54	57,11	259,98	41,80	58,74	646	3.344	0,193
Feb - 16	201,02	54,60	283,07	45,49	58,42	643	3.639	0,177
Mar - 16	170,81	52,08	256,94	41,19	52,10	573	3.295	0,174
Apr - 16	154,86	52,08	230,67	36,85	47,45	522	2.948	0,177
Mag - 16	161,39	52,08	225,02	35,99	47,45	522	2.879	0,181
Giu - 16	115,85	52,08	155,60	24,80	34,83	383	1.984	0,193
Lug - 16	105,48	52,08	120,14	19,01	29,67	326	1.521	0,215
Ago - 16	91,50	52,08	115,44	18,23	27,72	305	1.458	0,209
Set - 16	217,41	52,08	241,33	38,53	54,93	604	3.082	0,196
Ott - 16	310,85	52,08	315,49	50,06	72,85	801	4.005	0,200
Nov - 16	346,42	52,08	319,84	50,80	76,91	846	4.064	0,208
Dic - 16	312,97	52,08	303,14	48,24	71,64	788	3.859	0,204
Totale	2.417	633	2.827	451	633	6.960	36.078	0,193

Tabella 7.5 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di rierimento – POD 2

POD: IT001E00097882	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	65,82	61,50	60,34	10,01	43,49	241	801	0,301
Feb - 14	200,81	73,05	257,89	41,97	126,22	700	3.358	0,208
Mar - 14	314,96	88,06	267,25	44,35	157,22	872	3.548	0,246
Apr - 14	289,09	88,06	243,52	39,21	145,17	805	3.137	0,257
Mag - 14	284,47	53,54	241,38	38,86	136,02	754	3.109	0,243
Giu - 14	240,99	45,57	208,27	33,54	116,24	645	2.683	0,240
Lug - 14	226,07	88,16	200,72	31,95	120,32	667	2.556	0,261
Ago - 14	201,39	88,16	183,91	28,99	110,54	613	2.319	0,264
Set - 14	224,45	88,16	195,49	31,19	118,64	658	2.495	0,264
Ott - 14	272,28	88,38	243,90	38,09	141,38	784	3.047	0,257
Nov - 14	268,22	88,38	244,23	38,14	140,57	780	3.051	0,256
Dic - 14	278,41	88,38	258,90	40,43	146,55	813	3.234	0,251
Totale	2.867	939	2.606	417	1.502	8.331	33.338	0,250
POD: IT001E00097882	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	289,65	88,98	268,45	43,83	152,00	843	3.506	0,240
Feb - 15	243,93	88,98	234,30	38,25	133,20	739	3.060	0,241
Mar - 15	177,97	171,89	190,29	37,90	127,17	705	3.032	0,233
Apr - 15	164,60	179,45	183,79	36,21	124,09	688	2.897	0,238
Mag - 15	158,56	179,45	183,23	36,11	122,62	680	2.889	0,235
Giu - 15	130,20	179,45	153,21	30,19	108,47	602	2.415	0,249
Lug - 15	138,64	179,75	179,54	34,45	117,12	650	2.756	0,236
Ago - 15	116,20	179,75	150,26	28,86	104,52	580	2.309	0,251
Set - 15	126,77	179,75	177,20	34,05	113,91	632	2.724	0,232
Ott - 15	151,00	180,11	243,49	44,60	136,22	755	3.568	0,212
Nov - 15	148,34	180,11	238,10	43,61	134,24	744	3.489	0,213
Dic - 15	141,61	180,11	227,04	41,59	129,88	720	3.327	0,216
Totale	1.987	1.968	2.429	450	1.503	8.337	35.972	0,232
POD: IT001E00097882	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	182,00	67,17	302,04	49,03	132,05	732	3.922	0,187
Feb - 16	157,69	57,11	281,47	45,69	119,23	661	3.655	0,181

Mar - 16	138,87	54,60	258,15	41,90	108,57	602	3.352	0,180
Apr - 16	144,89	52,08	255,95	41,46	108,76	603	3.317	0,097
Mag - 16	158,74	84,77	224,70	36,40	111,01	616	2.912	0,097
Giu - 16	162,01	84,77	217,60	35,25	109,92	610	2.820	0,216
Lug - 16	202,92	84,77	224,48	36,41	120,69	669	2.913	0,230
Ago - 16	180,52	84,77	224,48	36,41	115,76	642	2.913	0,220
Set - 16	195,90	84,77	217,31	35,25	117,31	651	2.820	0,231
Ott - 16	222,24	84,77	226,75	36,41	125,44	696	2.913	0,239
Nov - 16	235,26	84,77	219,51	35,25	126,45	701	2.820	0,249
Dic - 16	235,47	84,77	226,91	36,44	128,39	712	2.915	0,244
Totale	2.217	909	2.879	466	1.424	7.894	37.272	0,212

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento.

Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento

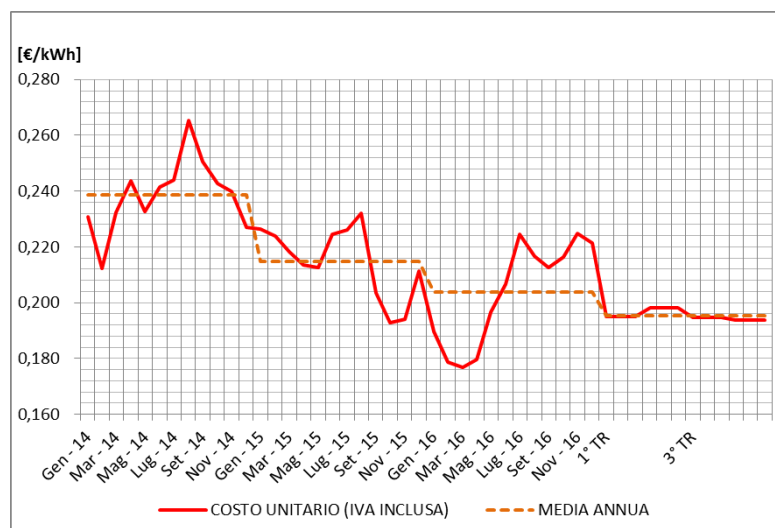
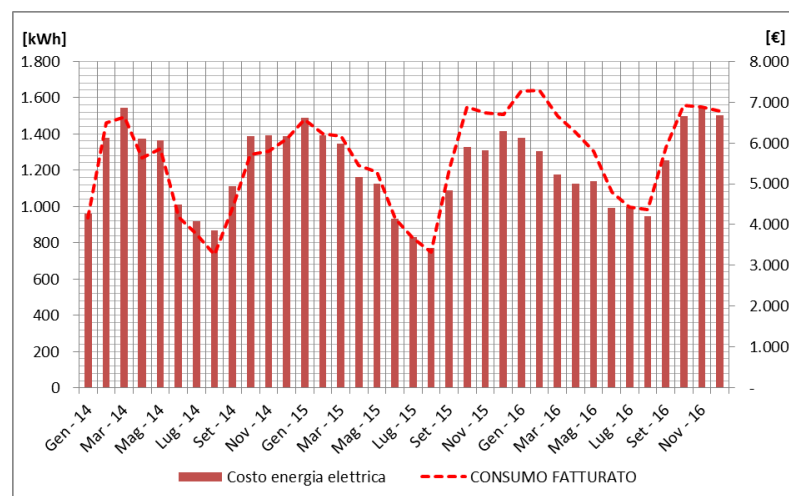


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

Nella Tabella 7.6 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati. I costi unitari sono IVA compresa.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori riportati nella Tabella 7.7 ricavati nel seguente modo:

- Il costo unitario del gasolio è stato calcolato a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di maggior tutela per l'anno 2017, considerando i valori trimestrali di costo indicati
- Analogamente il costo unitario per l'energia elettrica è stato calcolato a partire dai costi trimestrali forniti da ARERA per il servizio di maggior tutela, riferiti al 2017 per “clienti non domestici”.

Il costo unitario così ricavato, è stato confrontato con il costo unitario ricavato dalla fatturazione per l'anno 2016. Poiché quest'ultimo risulta minore del CU_{EE} di ARERA, è stata applicata una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela in funzione della potenza disponibile e della potenza impegnata per i POD in esame.

Tabella 7.6 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	272417	€ 36.992,15	€ 0,14	62044	€ 14.743,15	€ 0,24	€ 51.735,30
2015	262327	€ 30.732,21	€ 0,12	66501	€ 14.185,60	€ 0,21	€ 44.917,81
2016	271129	€ 38.217,22	€ 0,14	73350	€ 14.854,46	€ 0,20	€ 53.071,68
Media	268624	€ 35.313,86	€ 0,13	67298	€ 14.594,40	€ 0,22	€ 49.908,26

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 individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	CU_Q 0,117	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	CU_{EE} 0,195	[€/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.

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 di FULGIS pari a 3.331 €.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.8.

Tabella 7.8 – 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	2.562 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s	769 [€/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.

In questo caso la spesa relativa alla componente gasolio non è inserita all'interno della componente O&M, come nel caso di contratti SIE 3, ma è una quota fatturata a parte rispetto alla componente manutenzione.

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:

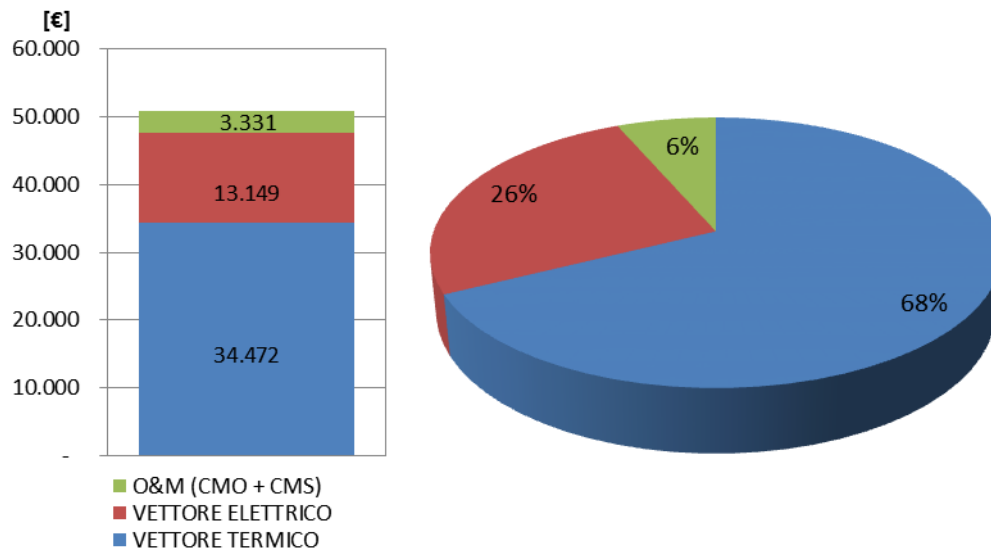
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 47.621 e un C_{baseline} pari a € 50.951.

Tabella 7.9 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	CQ+C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
295.247	0,117	34.472	67.298	0,195	13.149	3.331	2.562	769	50.951

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione murature interne

Generalità

La misura prevede la coibentazione dell'intradosso delle murature verticali disperdenti verso l'esterno al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali.

Nell'edificio in esame, la struttura edilizia principale è costituita da muratura portante di spessore variabile da 40 cm a 50 cm.

Questo intervento comporta una notevole diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di CO² in ambiente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, l'installazione di un cappotto interno rispetto alle pareti verticali dell'edificio con l'applicazione di uno strato isolante e di una lastra in cartongesso intonacata, come finitura interna.

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con fibra di vetro, di adeguato spessore, al fine del raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico, il tutto simulato sul modello energetico costruito.

La valutazione delle migliori ottenibili è stata effettuata considerando l'installazione di uno strato di materiale isolante esternamente alle murature esistenti, di spessore tale da rispondere positivamente alla verifica delle trasmittanze limite imposte dal Conto Termico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

E' indispensabile per tutti gli interventi dall'interno porre particolare attenzione alle verifiche termo igrometriche e soprattutto alla condensa interstiziale.

La parete perimetrale infatti rimane fredda e quindi il rischio di condense negli strati freddi potrebbe aumentare, è indispensabile quindi verificare le condizioni termo igrometriche e il flusso di vapore che attraversa la parete se è smaltito. Si consiglia comunque una barriera al vapore verso l'interno sulla faccia calda dell'isolante o sulle lastre di rivestimento.

E' fondamentale la corretta stuccatura dei giunti sulle lastre esterne per evitare possibili crepe o segnature nei punti di giunzione dei pannelli.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

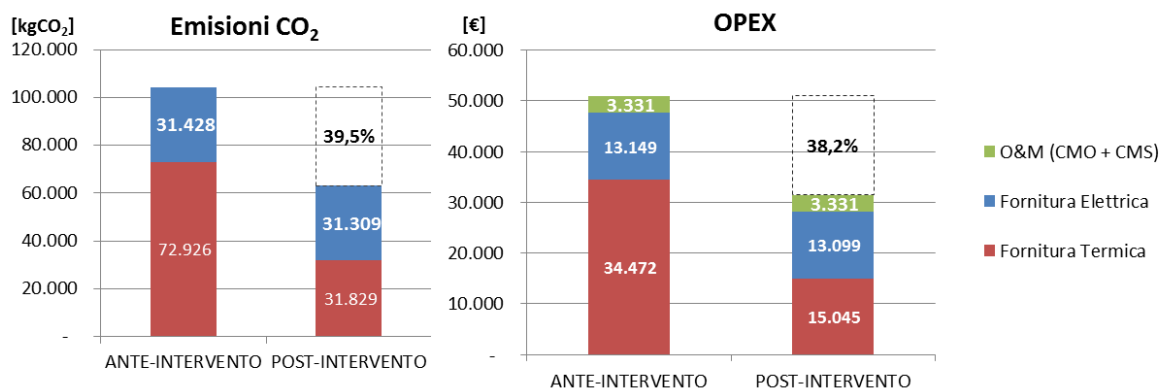
L'efficacia dell'intervento ha generato un notevole cambiamento di classe energetica rispetto allo stato di fatto, passando dalla classe G alla classe B.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione murature interne

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media murature verticali	[W/mqK]	1,872	0,288	84,6%
Q _{teorico}	[kWh]	293.959	128.301	56,4%
EE _{teorico}	[kWh]	64.963	64.717	0,4%
Q _{baseline}	[kWh]	295.247	128.863	56,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	67.298	67.043	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72.926	31.829	56,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	31.428	31.309	0,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	104.354	63.138	39,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	34.472	15.045	56,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.149	13.099	0,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.621	28.145	40,9%
C _{MO}	[€]	2.562	2.562	0,0%
C _{MS}	[€]	769	769	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.331	3.331	0,0%
OPEX	[€]	50.951	31.475	38,2%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 CLASSI

Nota (10) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,247 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,117 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM2: Coibentazione copertura esterna

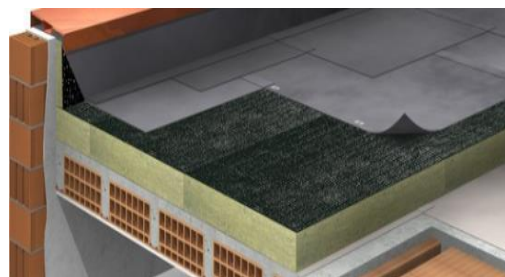
Generalità

La misura prevede la coibentazione della copertura sull'estradosso del solaio esistente, in grado di ridurre le dispersioni di calore dagli ambienti interni riscaldati verso l'esterno.

Le prestazioni dell'involucro devono garantire il comfort termico e igrometrico degli spazi confinati e il contenimento dei consumi energetici mediante il soddisfacimento dei requisiti prestazionali ambientali (comfort termico all'interno sia nel periodo invernale che estivo) e tecnologici (Controllo dei fenomeni di condensa superficiale e interstiziale). Le prestazioni energetiche dell'edificio dipendono dall'efficienza dell'involucro che lo racchiude.

L'isolamento di una copertura piana dall'esterno consente di intervenire molto efficacemente in quelle coperture che per vetustà o carenze tecniche non sono più in grado di garantire il comfort termico.

La riduzione dei valori sopra citati, porta ad una riduzione dei fabbisogni di energia termica utile dell'involucro e conseguentemente una riduzione dei consumi e delle emissioni di CO² in ambiente.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, al di sopra della struttura esistente, costituita dal solaio, dal massetto per creare la pendenza, dal manto impermeabile esistente con funzione di barriera al vapore, l'applicazione di:

- un nuovo strato isolante: gli isolanti impiegati possono essere, ad esempio, polistirene estruso o vetro cellulare; l'isolante impiegato deve in ogni caso essere impermeabile all'acqua, avere un basso coefficiente di dilatazione al calore e una buona resistenza meccanica;
- un nuovo manto impermeabilizzante in doppia guaina bituminosa;
- (opzionale) una protezione del manto stesso conforme all'uso che tale copertura dovrà avere: ghiaia ed argilla espansa se non praticabile, pavimentazione se praticabile.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'applicazione del Conto Termico 2.0. Si rimanda pertanto alle fasi successive la scelta più opportuna ed accurata dei materiali da installare.

Descrizione dei lavori

I lavori devono essere effettuati da impresa specializzata che rilasci una garanzia di corretta posa di tutti i componenti, con particolare attenzione agli elementi di tenuta all'acqua e all'aria. Dovranno essere utilizzate tutte le procedure di sicurezza per i lavori in quota, compresa l'installazione di ponteggi o parapetti. E' importante utilizzare il giusto materiale in relazione ai carichi agenti e alle condizioni climatiche e stratigrafiche presenti.

La manutenzione deve essere realizzata con una verifica visiva dello stato di salute della guaina, con cadenze anche biennali, e in caso di forature della stessa, intervenire con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5.

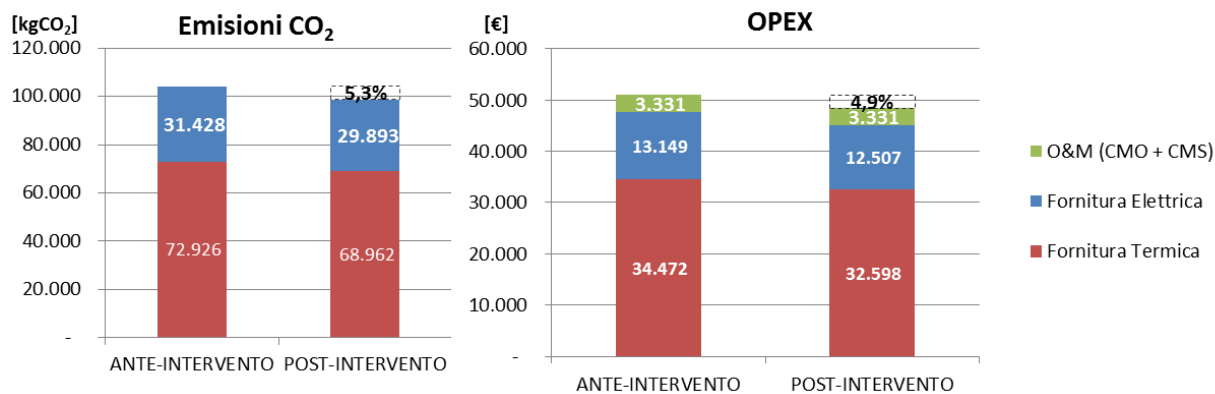
L'efficacia dell'intervento ha generato un cambiamento di classe energetica rispetto allo stato di fatto, passando dalla classe G alla classe F.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Coibentazione solaio esterno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura	[W/mqK]	1,617	0,22	86,4%
Q _{teorico}	[kWh]	293.959	277.982	5,4%
EE _{teorico}	[kWh]	64.963	61.789	4,9%
Q _{baseline}	[kWh]	295.247	279.200	5,4%
EE _{baseline}	[kWh]	67.298	64.010	4,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72.926	68.962	5,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	31.428	29.893	4,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	104.354	98.855	5,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	34.472	32.598	5,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.149	12.507	4,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.621	45.105	5,3%
C _{MO}	[€]	2.562	2.562	0,0%
C _{MS}	[€]	769	769	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.331	3.331	0,0%
OPEX	[€]	50.951	48.435	4,9%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 CLASSE

Nota (11) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,247 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,117 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM3: Sostituzione infissi e installazione valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione del telaio e della parte vetrata degli infissi presenti con telaio in legno e vetro singolo. Questo intervento ha l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, diminuendo le dispersioni termiche attraverso il componente, migliorare le condizioni di comfort interno e contenere i consumi energetici e le emissioni di CO₂ in ambiente.

Nella struttura sono però presenti anche infissi con telaio in pvc e vetrocamera, risalenti presumibilmente al 2007, di cui non si è valutata la sostituzione in quanto si trovano in buone condizioni. Contestualmente alla sostituzione dei serramenti è stata considerata l'installazione di un sistema di regolazione dotato di valvole termostatiche e pompa ad inverter, al fine di rientrare nel campo di applicazione del Conto Termico.

Figura 8.3 – Infissi esistenti con telaio in legno e vetro singolo

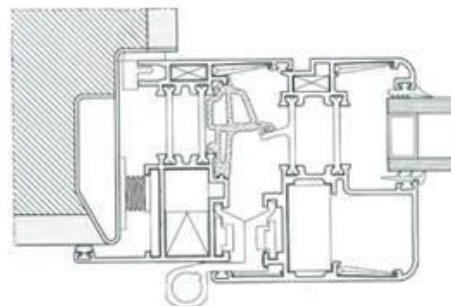


Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, la sostituzione dei componenti vetrati della struttura mediante l'installazione di vetri con telaio in legno massiccio con taglio termico e vetrocamera con gas inerte nell'intercapedine che conferisce caratteristiche basso emissive all'infisso. In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, la sostituzione dei serramenti con caratteristiche tecniche tali da consentire il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico (per la zona termica D – 1,67 W/mqK).

Inoltre, come richiesto dal Conto Termico, è stato inserito un sistema di controllo delle temperature dei singoli locali mediante valvole termostatiche installate sui terminali di emissione del calore e sostituita la pompa di circolazione dell'acqua calda del riscaldamento esistente con una pompa gemellare a giri variabili.

Figura 8.4 – Particolare infisso taglio termico



Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

È importante verificare in sede di installazione la corretta posa degli infissi e del vetrocemento nonché la tenuta all'aria e all'acqua. Inoltre occorre verificare la migliore risoluzione del ponte termico perimetrale dell'infisso stesso in sede di progettazione. Una soluzione potrebbe essere offerta dall'installazione di un controtelaio coibentato e successivamente sigillato.

Il miglioramento offerto da questo intervento aumenta se realizzato in sinergia con gli interventi di coibentazione dell'involucro opaco. Ai fini di una migliore verifica della corretta installazione e tenuta

dei nuovi serramenti è possibile realizzare un blowerdoor test sull’edificio e ulteriori indagini termografiche.

Successivamente all’installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

Prestazioni raggiungibili

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

L’efficacia dell’intervento ha generato un cambiamento di classe energetica rispetto allo stato di fatto, passando dalla classe G alla classe F.

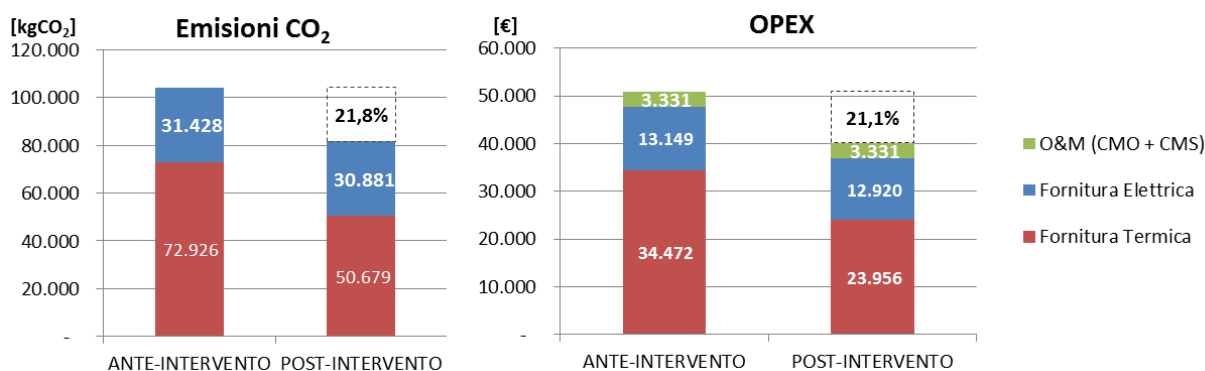
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione infissi ed installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	80,8	98	-21,3%
Trasmittanza media infissi	[W/mqK]	3,579	2,24	37,4%
Q _{teorico}	[kWh]	293.959	204.285	30,5%
EE _{teorico}	[kWh]	64.963	63.832	1,7%
Q _{baseline}	[kWh]	295.247	205.180	30,5%
EE _{baseline}	[kWh]	67.298	66.127	1,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72.926	50.679	30,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	31.428	30.881	1,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	104.354	81.561	21,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	34.472	23.956	30,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.149	12.920	1,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.621	36.876	22,6%
C _{MO}	[€]	2.562	2.562	0,0%
C _{MS}	[€]	769	769	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.331	3.331	0,0%
OPEX	[€]	50.951	40.207	21,1%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 CLASSE

Nota (12) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,247 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,117 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.5 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

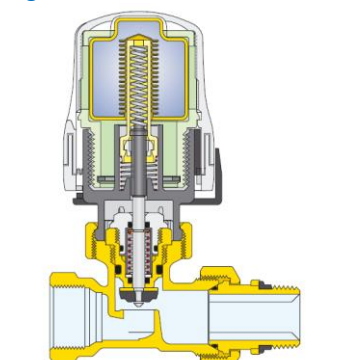
EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Generalità

Le valvole termostatiche sono un semplice dispositivo capace di regolare il flusso di un fluido grazie alla loro sensibilità alle variazioni di temperatura. Negli impianti di riscaldamento vengono montate sui radiatori per regolare il flusso d'acqua in base alla temperatura richiesta dall'ambiente allo scopo di evitare sprechi e migliorare il comfort, stabilizzando la temperatura a livelli diversi nei locali a seconda delle necessità. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono significativi risparmi energetici.

Al fine di ottimizzare la rete di distribuzione dell'impianto di riscaldamento, l'installazione delle valvole termostatiche viene integrata con l'installazione di un'elettropompa di circolazione a giri variabili. In questo modo, all'interno dell'impianto, al variare delle cadute di pressione determinate dal grado di apertura delle valvole termostatiche, fluisce una portata di acqua calda il più vicino possibile al valore di progetto.

Figura 8.6 – Valvola termostatica



Caratteristiche funzionali e tecniche

Nel presente intervento si prevede l'installazione di una tecnologia di gestione e controllo automatico dell'impianto termico (sistema di *building automation*). Il sistema è infatti composto da

- valvole termostatiche programmabili singolarmente su due livelli di set-point di temperatura giornalieri, con controllo PID e regolazione variabile con intervalli da 0,5°C
- centralina di controllo che gestisce le valvole ad essa connesse attraverso una comunicazione senza fili e consente la regolazione del riscaldamento nei singoli locali da un unico punto di controllo, anche attraverso una applicazione per dispositivi mobili
- relè di caldaia per l'accensione e lo spegnimento del generatore di calore in funzione della richiesta termica dell'edificio

a cui si aggiunge l'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili da installare in centrale termica in sostituzione di quella già presente a velocità di rotazione fissa.

Con tale sistema è possibile eseguire una regolazione sufficientemente fine (regolazione per locale) anche su sistemi costituiti da un singolo circuito di distribuzione che serve zone termiche e locali con necessità di temperatura e di occupazione diverse, senza intervenire pesantemente sull'impianto idraulico, raggiungendo ottimi risultati sia nel comfort che nel risparmio energetico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato. Essendo le valvole termostatiche installate sui radiatori esposte a manomissione si consiglia di schermare i dispositivi

Figura 8.7 – Particolari sistema building automation



con opportune protezioni. Occorre verificare preliminarmente i luoghi più adatti per l’installazione delle centraline di controllo, le quali devono essere programmate e gestite solo da personale autorizzato. Il sistema deve essere programmato il più vicino possibile alle reali esigenze di richiesta termica dei locali in cui vengono installate le valvole. Inoltre devono essere periodicamente controllate, al fine di valutarne il corretto funzionamento, la corretta programmazione o l’eventuale sostituzione delle batterie di alimentazione.

Prestazioni raggiungibili

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

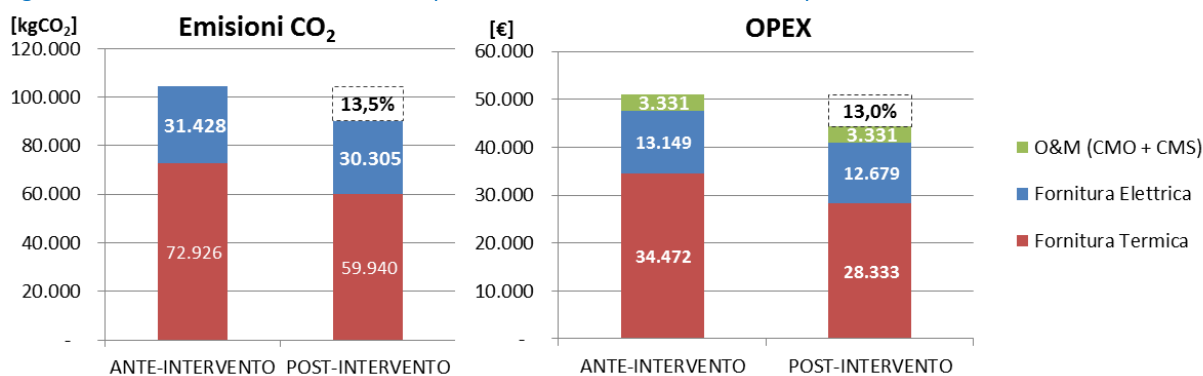
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	80,8	98	-21,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	293.959	241.614	17,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	64.963	62.641	3,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	295.247	242.673	17,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	67.298	64.893	3,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72.926	59.940	17,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	31.428	30.305	3,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	104.354	90.245	13,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	34.472	28.333	17,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.149	12.679	3,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.621	41.012	13,9%
C_{MO}	[€]	2.562	2.562	0,0%
C_{MS}	[€]	769	769	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.331	3.331	0,0%
OPEX	[€]	50.951	44.343	13,0%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 CLASSE

Nota (13) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,247 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,115 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM5: Sostituzione del generatore di calore

Generalità

L'attuale generatore di calore è alimentato a gasolio, combustibile con un alto livello di emissioni di CO₂. Si propone pertanto la sostituzione degli attuali generatori di calore con nuove caldaie a condensazione con bruciatore modulante dotato di certificazione Classe di rendimento 4 Stelle secondo dir. CEE 92/42 e D.P.R. 660, e parallelamente la conversione a gas metano dell'intera centrale termica.

L'intervento di ristrutturazione dell'impianto termico prevede l'installazione di una caldaia a condensazione modulante che permetterà un migliore adattamento della potenza in funzione del carico richiesto, e consentirà anche di servire i circuiti a bassa temperatura ottimizzando la temperatura di mandata dell'acqua in funzione delle condizioni climatiche esterne e del carico effettivo.

Parallelamente si migliora anche il sistema di regolazione della centrale termica e dei singoli locali, mediante la regolazione della temperatura di mandata del circuito di riscaldamento collegata ad una sonda climatica e valvole termostatiche sui terminali di emissione di calore.

Il risparmio energetico deriva sia dalla migliore efficienza di combustione del nuovo generatore di calore, sia dalla migliore regolazione della temperatura ambiente e della distribuzione; con maggiore sicurezza ed affidabilità del sistema, con minori emissioni inquinanti in ambiente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Dalla modellazione energetica eseguita sulla struttura è emerso che il generatore presente è molto sovradimensionato rispetto ai reali fabbisogni dell'edificio, pertanto si procede consigliando l'installazione di un generatore di taglia inferiore (stimati pari a 525 kW).

L'intervento in oggetto si propone di ristrutturare l'impianto termico agendo su tre aspetti principali:

- sostituire la caldaia a alimentata a gasolio esistente di tipo tradizionale con un generatore a condensazione di ultima generazione alimentato a gas metano, correttamente dimensionato in funzione delle effettive dispersioni termiche ed esigenze dell'edificio
- sostituire la pompa di alimentazione del circuito del riscaldamento con una adeguata pompa gemellare a giri variabili
- installare le valvole termostatiche esistenti sui terminali di emissione del calore.

Occorre inoltre verificare che il rendimento del nuovo generatore di calore a condensazione rispetti i requisiti minimi per l'accesso all'incentivo da Conto Termico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato, occorre verificare preventivamente gli spazi di installazione in relazione agli ingombri delle nuove caldaie; verificare l'idoneità del condotto di evacuazione fumi; verificare la necessità di garantire una continuità di servizio all'edificio in fase di sostituzione. Verificare la presenza dell'addolcitore e che questo sia operativo. Verificare, in funzione della potenza installata, la necessità di installare un neutralizzatore di condensa (norma UNI 11071/2003).

Prestazioni raggiungibili

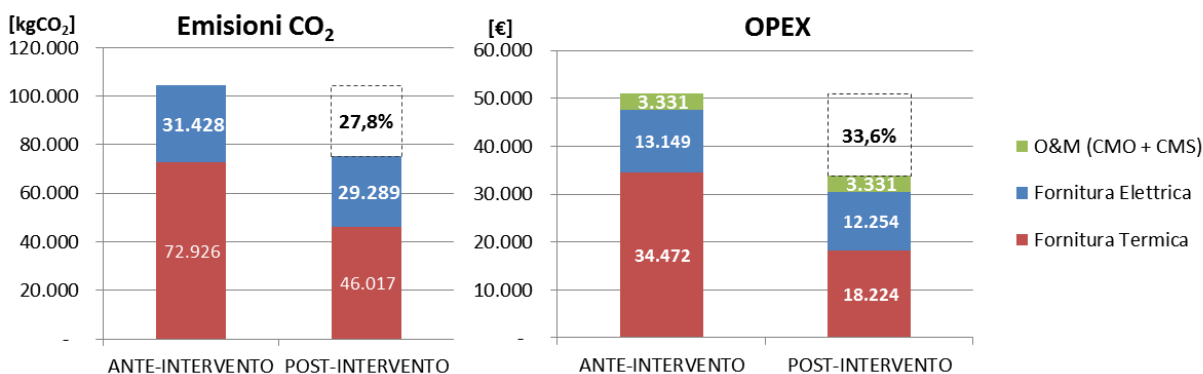
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.8.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generatore di calore	[%]	89,6	96,2	-7,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	293.959	226.811	22,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	64.964	60.543	6,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	295.247	227.805	22,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	67.298	62.718	6,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72.926	46.017	36,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	31.428	29.289	6,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	104.354	75.306	27,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	34.472	18.224	47,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.149	12.254	6,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.621	30.479	36,0%
C_{MO}	[€]	2.562	2.562	0,0%
C_{MS}	[€]	769	769	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.331	3.331	0,0%
OPEX	[€]	50.951	33.809	33,6%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 CLASSE

Nota (14) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,247 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico per la situazione ante-intervento e 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico per la situazione post-intervento

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,115 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico per la situazione ante-intervento e 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico per la situazione post-intervento

Figura 8.9 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto di produzione ACS

Non sono stati proposti interventi migliorativi relativi all'impianto di produzione di ACS in quanto un intervento di questa tipologia non risulta conveniente dal punto di vista economico. Dall'analisi svolta infatti, risulta che la produzione di ACS avviene per mezzo di boiler elettrici singoli posizionati in corrispondenza di alcuni servizi igienici dell'edificio scolastico ed occupano una percentuale di consumo molto ridotta pari al 3%, rispetto ad esempio all'impianto di illuminazione che copre il 56% dei consumi elettrici totali.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM6: Sostituzione corpi illuminanti

Generalità

Il presente capitolo illustra la proposta di sostituire i corpi illuminanti presenti all'interno dei locali costituenti l'edificio con nuovi corpi illuminanti LED di nuova generazione ad alta efficienza.

Attualmente all'interno dell'edificio nella maggior parte dei locali sono installate lampade fluorescenti di vecchia generazione tipo T8 con reattori ferromagnetici di varia potenza.

Ad un maggior costo iniziale per un determinato tipo di lampada, corrisponde un minor costo di gestione, dovuto a minori consumi e a una vita più lunga, una lampada LED ha infatti un'efficienza maggiore rispetto ad una tradizionale T8. Solo al piano quarto è stato fatto un intervento di efficientamento energetico mediante installazione di sensori di presenza nelle aule e nei corridoi.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I corpi illuminanti presenti sono di 5 tipologie principali che nel progetto di efficientamento dei corpi illuminanti han trovato le corrispondenze riporta nella seguente tabella.

Tabella 8.6 –Sostituzione corpi illuminanti

Potenza [W]	Tipologia	Corrispondenza LED [W]
1X36	Fluo T8	16
2X36	Fluo T8	2x16
1x58	Fluo T8	24
2X58	Fluo T8	2x24

Descrizione dei lavori

Verificare la compatibilità con la tipologia di lampadari presenti, sia a livello di potenza richiesta che di resa cromatica, oltre che le caratteristiche dimensionali delle sorgenti luminose

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.7 e nella Figura 8.10.

Nonostante l'efficacia dell'intervento non è stato possibile ottenere un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti

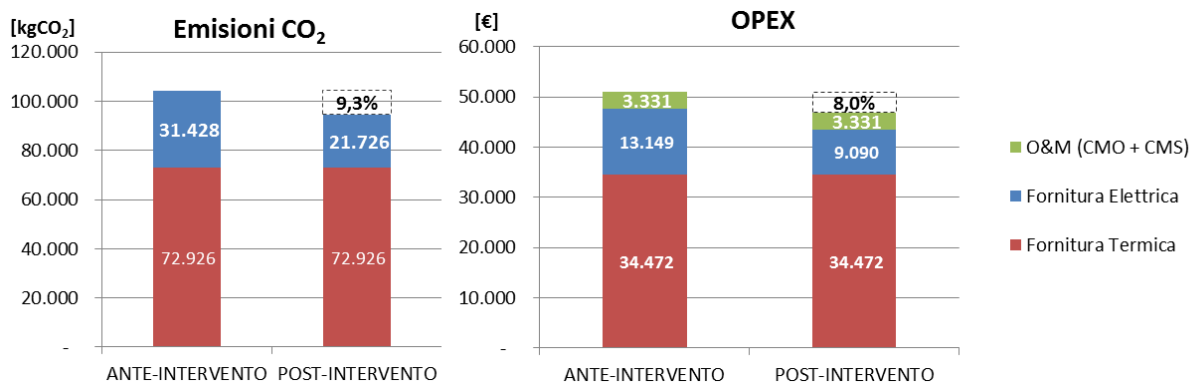
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	16884	7648	54,7%
Q _{teorico}	[kWh]	293.959	293.959	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	64.963	44.908	30,9%
Q _{baseline}	[kWh]	295.247	295.247	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	67.298	46.522	30,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72.926	72.926	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	31.428	21.726	30,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	104.354	94.652	9,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	34.472	34.472	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.149	9.090	30,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.621	43.561	8,5%

C _{MO}	[€]	2.562	2.562	0,0%
C _{MS}	[€]	769	769	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.331	3.331	0,0%
OPEX	[€]	50.951	46.892	8,0%
Classe energetica	[-]	G	G	=

Nota (15) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,247 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,115 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.10 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Coibentazione murature interne

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

Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 59 €/mq

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione delle murature verticali. L'IVA è stata considerata pari al 22%. I costi della sicurezza sono stimati al 3% ed i costi relativi alla progettazione al 7%.

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

Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 59 €/mq

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione murature interne in corrispondenza delle nicchie dei radiatori

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[%]	[€]
1C.06.550.0310.f	Controparete termoisolante e fonoassorbente realizzata con lastre in gesso rivestito a bordi assottigliati, spessore 12,50 mm, incollate a pannelli di lana di vetro idrorepellente prodotta con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale che garantisce la massima qualità dell'aria, con barriera al vapore costituita da un foglio di alluminio interposto tra il pannello in lana di vetro e la lastra di gesso rivestito. Conducibilità termica dichiarata λ_D spessori 20 ÷ 50 mm 0,031 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata λ_D spessori 60 ÷ 80 mm 0,034 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata λ_D 0,025 W/m.K (lastra di gesso	Prezzario Milano	3929	mq	€ 41,10	€ 37,36	€ 146.802	22%	€ 179.098

rivestito).
 Classe di reazione al fuoco spessori 20 ÷ 50 mm A2-s1,d0 Classe di reazione al fuoco spessori 60 ÷ 80 mm F
 Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ lana di vetro 1
 Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ lastra in gesso rivestito: 10 (campo secco), 4 (campo umido).
 Applicate direttamente alla parete con incollaggi in gesso, compresa la rasatura dei giunti, i piani di lavoro interni e l'assistenza muraria, negli spessori mm: - spessore 12,50 + 80 mm di lana di vetro

20.A90.B20.010	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	3929	m2	€ 6,95	€ 6,32	€ 24.824	22%	€ 30.285
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 5.149	22%	€ 6.282
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 12.014	22%	€ 14.657
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 188.788	22%	€ 230.322
Incentivi	[Conto termico]								€ 92.129
Durata incentivi									€ 5
Incentivo annuo									€ 18.426

EEM2: Coibentazione copertura esterna

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione della copertura disperdente verso esterno. L'IVA è stata considerata pari al 22%. I costi della sicurezza sono stimati al 3% ed i costi relativi alla progettazione al 7%.

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

Isolamento copertura dall'esterno (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 200 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 79 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Coibentazione copertura esterna

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

25.A05.C10.010	Demolizione di manti impermeabili costituiti da guaine bituminose, cartonfeltri e simili, su superfici piane o inclinate, escluso sottofondo.	Prezzario Liguria	1215	m2	€ 6,88	€ 6,25	€ 7.599	22%	€ 9.271
1C.10.100.0030	Isolamento termico a tetto rovescio o a tetto caldo di coperture piane pedonabili, realizzato con lastre di polistirene espanso estruso, superficie liscia con pelle, bordi battentati, prodotte con gas senza CFC e HCFC; conduttività termica W/mK 0,032 per spessori fino a 40 mm, e W/mK 0,034 per spessori da 50 mm e oltre, resistenza alla compressione kPa 250 per spessori fino a 40 mm, e kPa 300 per spessori da 50 mm e oltre; reazione al fuoco Euroclasse E; conformi alla norma UNI EN 13164, con marcatura CE. Compresi: tagli e relative sigillature, adattamenti, fissaggi di qualsiasi tipo a qualsiasi struttura, raccordi, assistenza muraria; negli spessori: 15 cm	Prezzario Milano	1215	m2	€ 26,79	€ 24,35	€ 29.591	22%	€ 36.101
1C.13.160.0020	Manto impermeabile bituminoso per coperture pedonabili esposte e non ai raggi solari, costituito da una membrana elastoplastomerica dello spessore di mm 4, ad alto contenuto di poliolefine atattiche, flessibilità a freddo -20°, biarmata (TNT poliestere da 150 gr/m2 e TNT velo vetro da 55 gr/m2, raschiati in superficie), resistente ai raggi U.V., resistenza al fuoco certificata secondo norma ENV 1187 (B ROOF T1-T2-T3); compreso strato di colla bituminosa permanentemente plastica in ragione di 1 kg/m ² , saldatura dei giunti a fiamma con cannello di sicurezza compresi formazione di colli perimetrali di raccordo, sfridi, sormonti e assistenze murarie.	Prezzario Milano	1215	m2	€ 25,14	€ 22,85	€ 27.768	22%	€ 33.877
AT.N20.S10.065	ponteggio per castello di servizio 3,60x1,10 m (due castelli affiancati) misurato in altezza	Prezzario Regione Liguria	35	m	€ 192,05	€ 174,59	€ 6.111	22%	€ 7.455
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 2.132	22%	€ 2.601

Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	22%	€
				4.975		6.069

TOTALE (I₀ – EEM1)		€	22%	€
		78.176		95.375
Incentivi	[Conto termico]			€
				38.150
Durata incentivi				5
Incentivo annuo				€
				7.630

EEM3: Sostituzione infissi e installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione degli infissi, contestualmente all'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e pompa a giri variabili. L'IVA è stata considerata pari al 22%. I costi della sicurezza sono stimati al 3% ed i costi relativi alla progettazione al 7%.

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

Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.b)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 450 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 582 €/mq
- Calcolo incentivo = 40%*450€/mq*mq infissi sostituiti.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione infissi ed installazione di valvole termostatiche

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
25.A05.H01.120	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno, compreso telaio a murare (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria	476	m2	€ 72,30	€ 65,73	€ 31.286	22%	€ 38.169
PR.A23.A30.010	Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	476	m2	€ 328,90	€ 299,00	€ 142.324	22%	€ 173.635
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	87	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 602	22%	€ 735
01.A15.A10.015	Posa in opera di vetri di qualunque dimensione su telai metallici od in legno, misurati in opera sul minimo rettangolo circoscritto, incluso il compenso per lo sfrido del materiale	Prezziario Regione Piemonte	476	m2	€ 46,79	€ 42,11	€ 20.045	22%	€ 24.455

PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	187	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 6.021	22%	€ 7.346
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 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170	22%	€ 5.088
40.E10.A10.030	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 65 mm fino a 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 63,62	€ 57,84	€ 58	22%	€ 71
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 21	22%	€ 25
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idrulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	65,33333	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.893	22%	€ 2.310
	Costi per la sicurezza		3%	%			€ 6.193	22%	€ 7.555
	Costi progettazione (in % su importo lavori)		7%	%			€ 14.449	22%	€ 17.628
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 227.063	22%	€ 277.017
Incentivi	[Conto termico]								€ 85.680
Durata incentivi									€ 5
Incentivo annuo									€ 17.136

EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Nella

Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di pompe gemellari ad inverter sul circuito dedicato al servizio di riscaldamento dell'edificio e valvole termostatiche per la regolazione ambiente della temperatura. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

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

Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 4 €/mq.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	187	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 6.021	22%	€ 7.346
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 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170	22%	€ 5.088
40.E10.A10.030	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 65 mm fino a 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 63,62	€ 57,84	€ 58	22%	€ 71
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 21	22%	€ 25
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133	22%	€ 163
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	65	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.893	22%	€ 2.310
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 369	22%	€ 450
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 861	22%	€ 1.050
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 13.527	22%	€ 16.502
Incentivi	[Conto termico]								€ 6.601
Durata incentivi									€ 5
Incentivo annuo									€ 1.320

EEM5: Sostituzione del generatore di calore

Nella illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 4 €/mq

Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione del generatore di calore esistente alimentato a gasolio con un generatore di calore a condensazione alimentato a gas metano. L'importo non comprende gli oneri di allacciamento e scavo per il collegamento alla rete locale del gas metano.

L'IVA è stata considerata pari al 22%.

conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
- Costo unitario valutato per l'intervento: 102 €/kWt

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM6 – Sostituzione del generatore di calore

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
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	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 26.754,75	€ 24.322,50	€ 24.323	22%	€ 29.673
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	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 232,76	€ 211,60	€ 212	22%	€ 258
40.C10.B10.130	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 461,09	€ 419,17	€ 419	22%	€ 511

	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 351 Kw a 700 Kw								
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	4	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 77	22%	€ 94
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 26	22%	€ 32
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 110	22%	€ 134
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27	22%	€ 33
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133	22%	€ 163
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	€ 69,52	€ 70	22%	€ 85
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	187	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 6.021	22%	€ 7.346
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 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170	22%	€ 5.088

40.E10.A10.030	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 65 mm fino a 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 63,62	€ 57,84	€ 58	22%	€ 71
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 21	22%	€ 25
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133	22%	€ 163
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	65	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.893	22%	€ 2.310
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	20	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 626	22%	€ 763
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.159	22%	€ 1.414
20.A15.B10.015	Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 429	22%	€ 523
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.197	22%	€ 1.461
	Costi progettazione (in % su importo lavori)		7%	%			€ 2.793	22%	€ 3.408
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 43.897	22%	€ 53.554
Incentivi	[Conto termico]								€ 21.422
Durata incentivi									€ 5
Incentivo annuo									€ 4.284

EEM6: Sostituzione corpi illuminanti

Nella illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 4 €/mq

Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 4 €/mq

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO		PREZZO		TOTALE		TOTALE	
					UNITARIO PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)			
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]			
1E.06.060.0210.d	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 1500 mm - flusso luminoso 2065 lm potenza 24 w	Prezzario Milano	264	cad	€ 45,33	€ 41,21	€ 10.879	22%	€ 13.273			
1E.06.060.0210.c	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w	Prezzario Milano	13	cad	€ 34,69	€ 31,54	€ 410	22%	€ 500			
1E.06.060.0120.b	Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione. Prodotto in conformità alle norme EN 60598-1 CEI 34-21, classe di isolamento I e grado di protezione IP40 - IK06 in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e cornice stampato in policarbonato bianco infrangibile ed autoestingente, diffusore estruso in tecnopolimero opale ad alta trasmittanza, completa di sistema dimmer; equipaggiata con lampada led 4000K 3700 lm potenza 31 w, modulo da: 600 mm x 600 mm	Prezzario Milano	8	cad.	€ 246,63	€ 224,21	€ 1.794	22%	€ 2.188			

Costi per la sicurezza	-	3%	%	€ 392	22%	€ 479
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€ 916	22%	€ 1.117
TOTALE (I₀ – EEM1)				€ 14.391	22%	€ 17.557
Incentivi	[Conto termico]					€ 7.023
Durata incentivi						€ 5
Incentivo annuo						€ 1.405

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 murature interne

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione murature interne

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	230.322
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	18.426
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	11,4	6,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,6	8,7
Valore attuale netto	VAN	116.818	198.846
Tasso interno di rendimento	TIR	8,0%	12,3%
Indice di profitto	IP	0,51	0,86

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

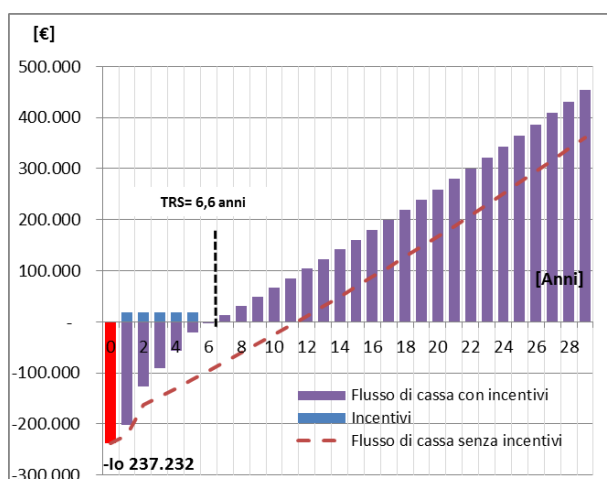
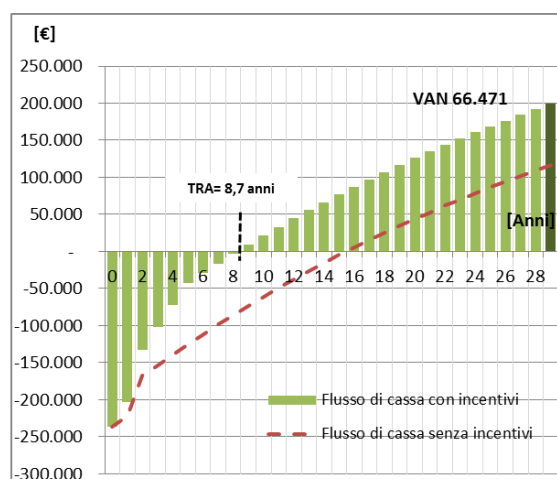


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 11 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 7 anni, rendendo conveniente l'EEM1.

EEM2: Coibentazione copertura esterna

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione copertura esterna

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	95.375
Oneri Finanziari %I ₀	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30

Incentivo annuo	B	€/anno	7.630
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	33,1	18,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	52,0	32,5
Valore attuale netto	VAN	- 41.558	- 7.590
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,7%	2,9%
Indice di profitto	IP	-0,44	-0,08

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

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

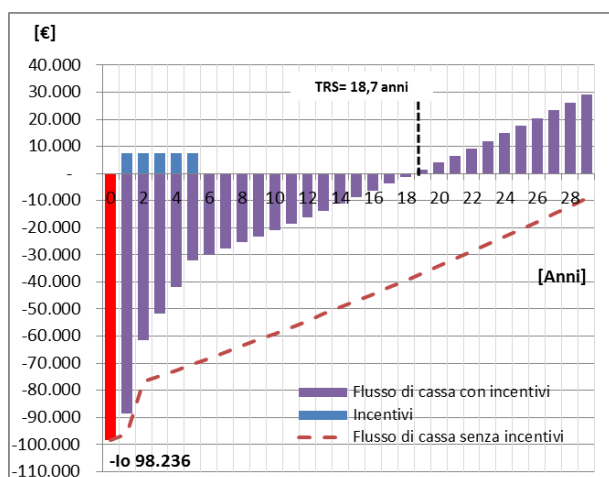
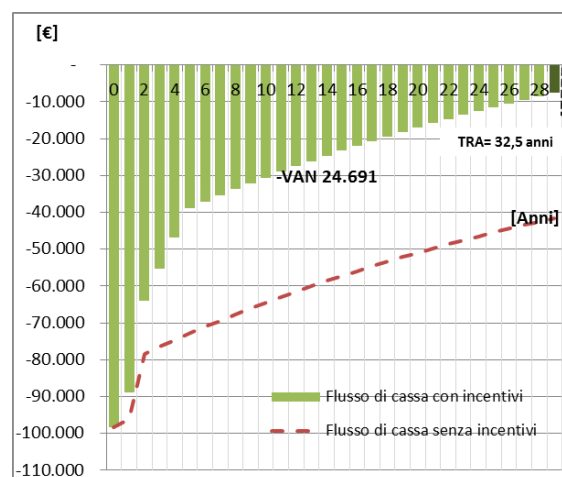


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 33 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a meno di 19, rendendo conveniente l'EEM2.

EEM3: Sostituzione infissi e installazione valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione infissi ed installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	277.017
Oneri Finanziari %I ₀	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	17.136

Durata incentivo	n_b	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	23,1	15,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	38,9	26,7
Valore attuale netto	VAN	- 64.998	11.288
Tasso interno di rendimento	TIR	1,7%	4,5%
Indice di profitto	IP	-0,23	0,04

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

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

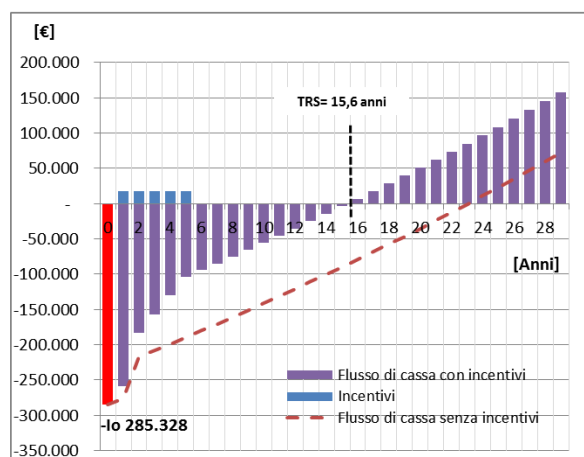
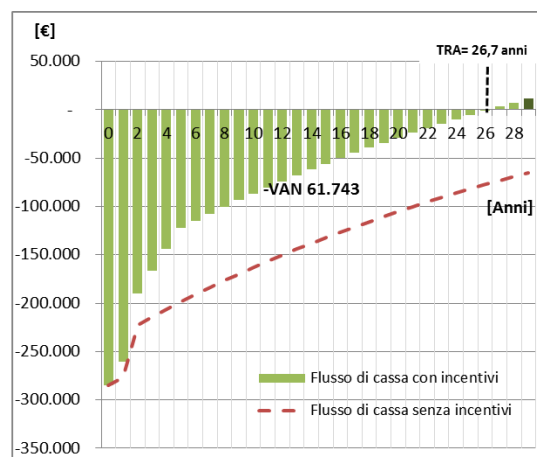


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 23 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 16, rendendo conveniente l'EEM3.

EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	16.323
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	1.306
Durata incentivo	n_b	anni	5

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,6	2,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,8	2,3
Valore attuale netto	VAN	48.095	53.908
Tasso interno di rendimento	TIR	36,6%	43,5%
Indice di profitto	IP	2,95	3,30

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

Figura 9.7 – EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

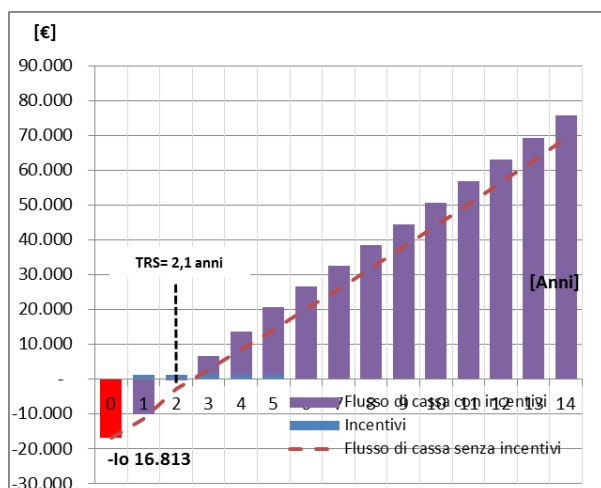
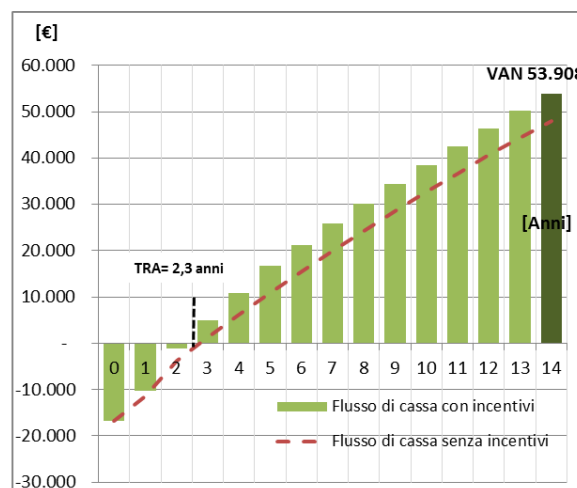


Figura 9.8 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 3 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 15 anni. Indipendentemente dall'incentivo l'intervento EEM4 risulta molto vantaggioso.

EEM5: Sostituzione del generatore di calore

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	53.554
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	4.284
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,3	2,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,6	2,7
Valore attuale netto	VAN	115.080	134.153
Tasso interno di rendimento	TIR	29,1%	35,7%
Indice di profitto	IP	2,15	2,50

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

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

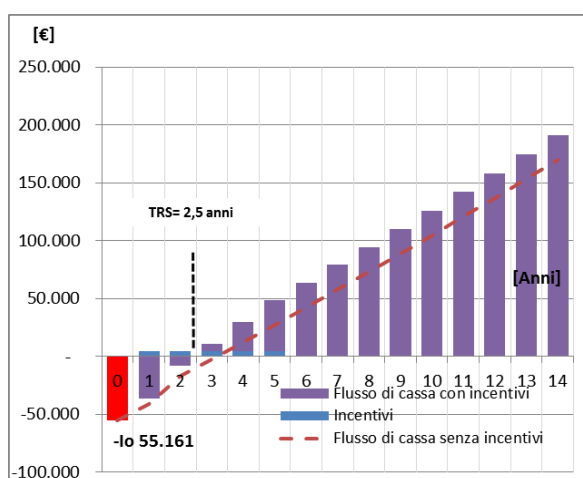
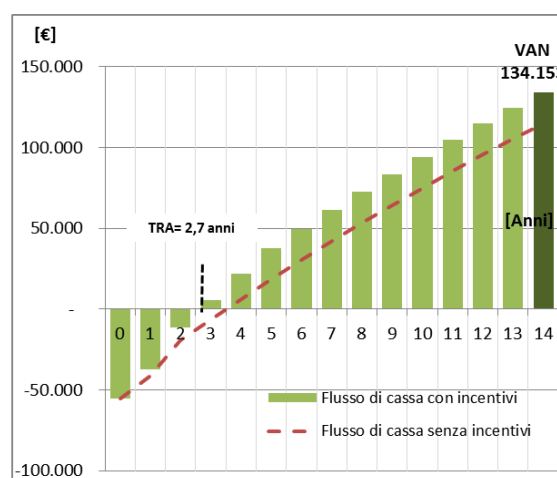


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi di circa 6 anni, su un tempo di vita utile dell'intervento stimato essere di 15 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 2 anni e mezzo, rendendo conveniente l'EEM5.

EEM6: Sostituzione corpi illuminanti

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

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6–Sostituzione corpi illuminanti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	17.557
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	1.405
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	4,4	3,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,9	3,5
Valore attuale netto	VAN	23.043	29.296
Tasso interno di rendimento	TIR	20,5%	27,0%
Indice di profitto	IP	1,31	1,67

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

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

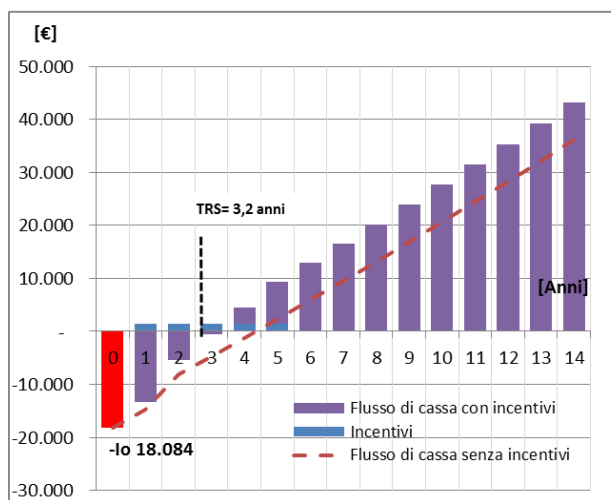
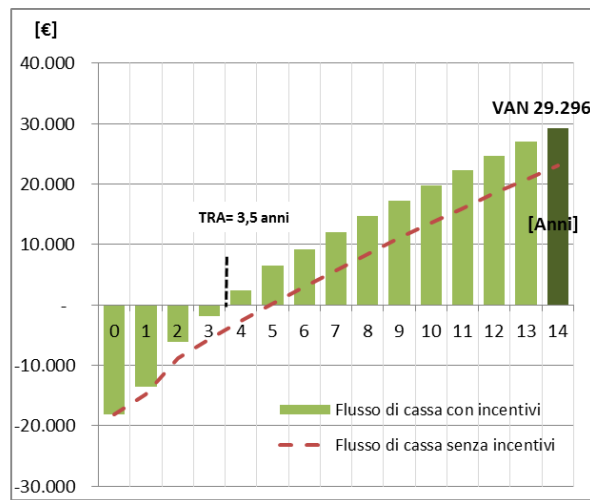


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è inferiore ai 5 anni, su un tempo di vita utile dell'intervento stimato essere di 15 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 3, rendendo conveniente l'EEM6.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e Tabella 9.14.

Tabella 9.13 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	%ΔE [%]	%ΔCO 2 [%]	ΔCE [€/y]	ΔCMO [€/y]	ΔCMS [€/y]	IO [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	40,90%	39,50%	€ 19.476	€ 0	€ 0	€ 230.32 2	11,4	15,6	30	€ 116.82 1	8,00%	0,51
EEM2	5,28%	5,27%	€ 2.516	€ 0	€ 0	€ 95.375	33,1	52,0	30	-€ 41.554	-0,72%	-0,44
EEM3	22,56%	21,84%	€ 10.745	€ 0	€ 0	€ 277.01 7	23,1	38,9	30	-€ 64.998	1,71%	-0,23
EEM4	13,88%	13,52%	€ 6.609	€ 0	€ 0	€ 16.323	2,6	2,8	15	€ 48.097	36,65%	2,95
EEM5	36,00%	27,84%	€ 17.142	€ 0	€ 0	€ 53.554	3,3	3,6	15	€ 115.08 0	29,05%	2,15
EEM6	8,52%	9,30%	€ 4.059	€ 0	€ 0	€ 17.557	4,4	4,9	15	€ 23.044	20,55%	1,31

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

- $\% \Delta_E$ è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- $\% \Delta_{CO_2}$ è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- 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;

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

	CON INCENTIVI											
	$\% \Delta_E$ [%]	$\% \Delta_{CO_2}$ [%]	Δ_{CE} [€/anno]	Δ_{CMO} [€/anno]	Δ_{CMS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	40,90%	39,50%	€ 19.476	€ -	€ -	€ 230.322	6,6	8,7	30	€ 198.849	12,31%	0,86
EEM2	5,28%	5,27%	€ 2.516	€ -	€ -	€ 95.375	18,7	32,5	30	-€ 7.587	2,91%	-0,08
EEM3	22,56%	21,84%	€ 10.745	€ -	€ -	€ 277.017	15,6	26,7	30	€ 11.288	4,47%	0,04
EEM4	13,88%	13,52%	€ 6.609	€ -	€ -	€ 16.323	2,1	2,3	15	€ 53.910	43,47%	3,30
EEM5	36,00%	27,84%	€ 17.142	€ -	€ -	€ 53.554	2,5	2,7	15	€ 134.153	35,71%	2,50
EEM6	8,52%	9,30%	€ 4.059	€ -	€ -	€ 17.557	3,2	3,5	15	€ 29.297	27,03%	1,67

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

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

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

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzione integrate che includono interventi sull'involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del

secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

- s è il periodo di valutazione dell'indicatore;

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: SCN1** – Tale scenario nell'installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter, la sostituzione del generatore di calore, la sostituzione dei corpi illuminanti e la coibentazione interna delle murature verticali.
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste nella sostituzione degli infissi con telaio in legno e vetro singolo e la coibentazione esterna del solaio disperdente, oltre che tutte gli interventi previsti nello SCN1.

9.3.1 Scenario 1: <15 ANNI

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

- EEM1 – Coibentazione murature verticali
- EEM4 – Installazione valvole termostatiche e pompa a giri variabili
- EEM5 – Sostituzione del generatore di calore
- EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti.

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

- Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 4 €/mq

- Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
 - o Costo unitario valutato per l'intervento: 102 €/kWt
- Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)
 - o Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l'intervento: 4 €/mq
- Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l'intervento: 59 €/mq

Nel budget relativo alla sostituzione del generatore di calore è stata scorporata la quota parte relativa all'intervento EEM4.

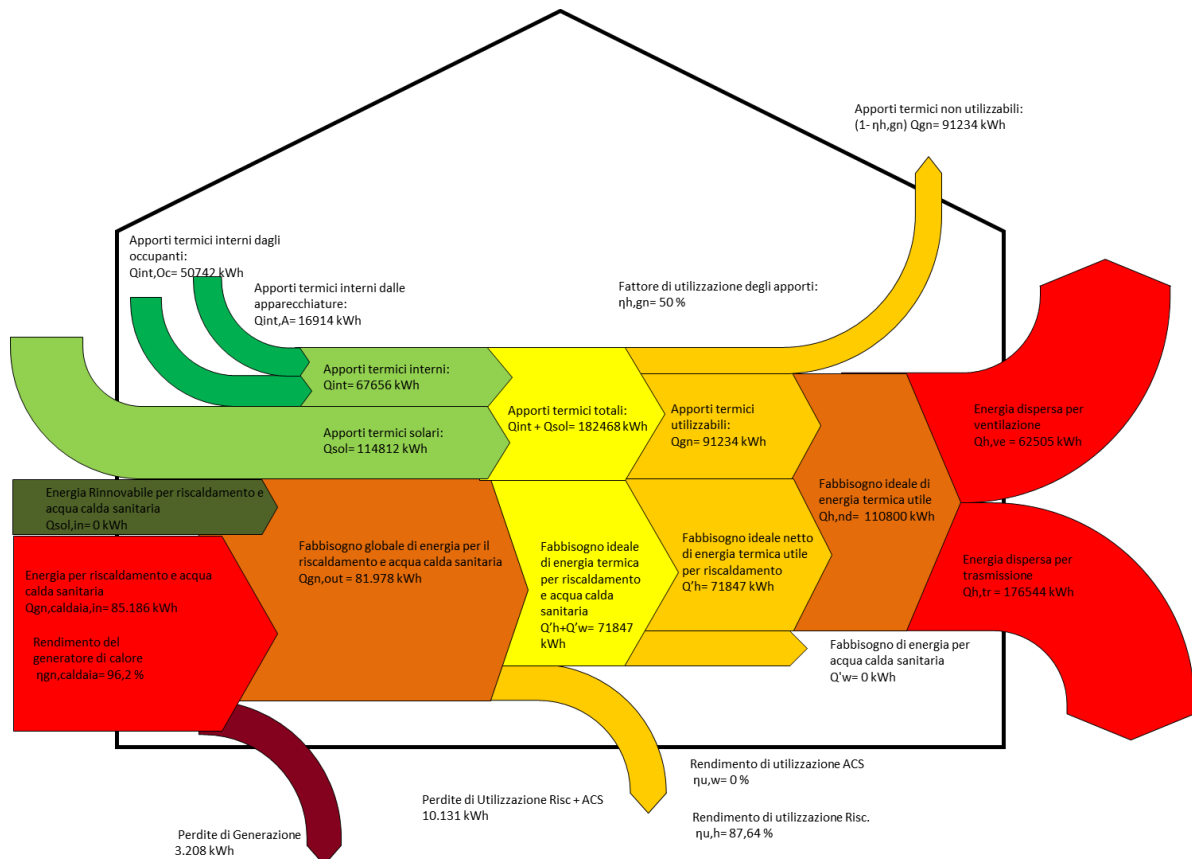
Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 - Coibentazione murature verticali	171.625,86	€ 37.757,69	€ 209.383,55
EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili	12.296,93	€ 2.705,33	€ 15.002,26
EEM5: Sostituzione del generatore di calore	27.609,55	€ 6.074,10	€ 33.683,65
EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti	13.082,85	€ 2.878,23	€ 15.961,07
EEM1 - Costi per la sicurezza	€ 5.148,78	€ 1.132,73	€ 6.281,51
EEM4 - Costi per la sicurezza	€ 368,91	€ 81,16	€ 450,07
EEM5 - Costi per la sicurezza	€ 828,29	€ 182,22	€ 1.010,51
EEM6 - Costi per la sicurezza	€ 392,49	€ 86,35	€ 478,83
EEM1 -Costi per la progettazione	12.013,81	€ 2.643,04	€ 14.656,85
EEM4 -Costi per la progettazione	860,79	€ 189,37	€ 1.050,16
EEM5 -Costi per la progettazione	1.932,67	€ 425,19	€ 2.357,86
EEM6 - Costi per la progettazione	915,80	€ 201,48	€ 1.117,28
TOTALE (I₀)	247.076,71	€ 54.356,88	€ 301.433,58
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM4 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM5 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM6 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
TOTALE (C_M)	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	

		[€]
Incentivi	Conto termico	€ 163.154,89
Durata incentivi		5
Incentivo annuo		€ 32.630,98

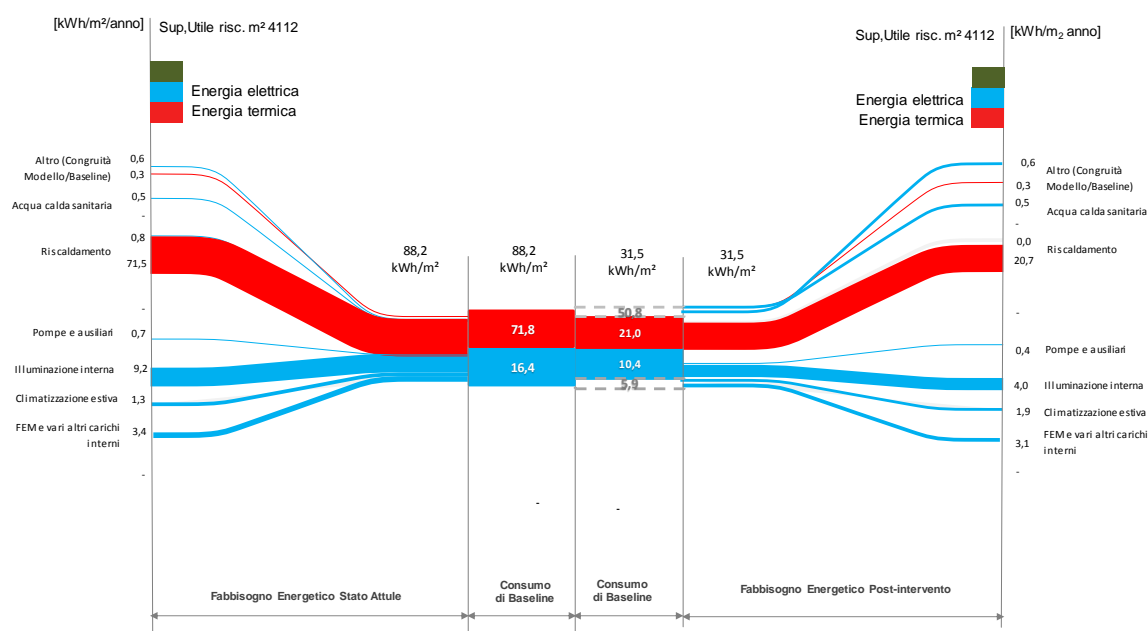
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che è diminuita l’energia primaria in ingresso all’impianto termico. È aumentato il rendimento termico del generatore di calore, mentre i fabbisogni termici per la produzione di ACS rimangono invariati.

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



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15. È possibile notare che a fronte degli interventi di efficientamento energetico proposti si ha un miglioramento di 3 classi energetiche, passando dalla classe G dello stato di fatto alla classe D.

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1

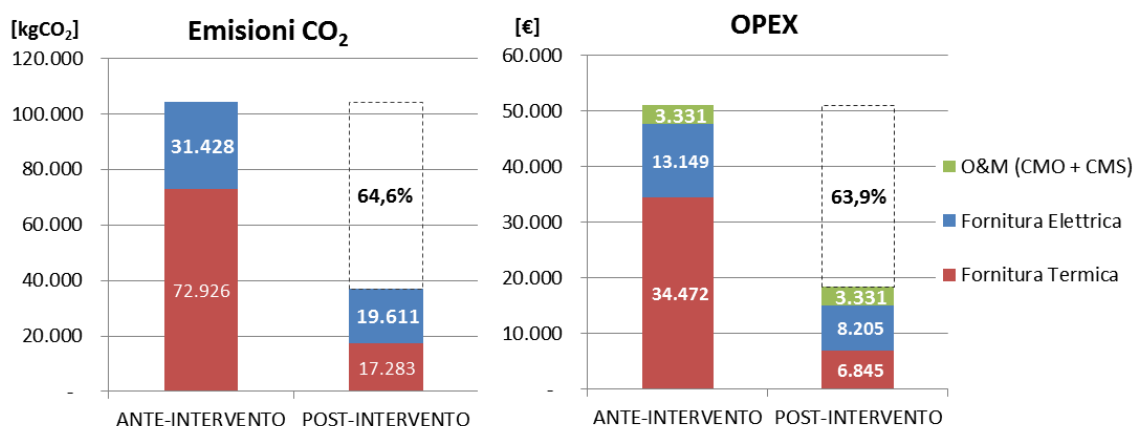
CALCOLO RISPARMIO	U. M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	80,8	98	-21,3%
Rendimento generatore di calore	[%]	89,6	96,2	-7,4%
Trasmittanza media murature verticali	[W/mqK]	1,872	0,288	84,6%
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	16884	7648	54,7%
Q _{teorico}	[kWh]	293.959	85.186	71,0%
EE _{teorico}	[kWh]	64.964	40.537	37,6%
Q _{baseline}	[kWh]	295.247	85.559	71,0%
EE _{baseline}	[kWh]	67.298	41.994	37,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72.926	17.283	76,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	31.428	19.611	37,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	104.354	36.894	64,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	34.472	6.845	80,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.149	8.205	37,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.621	15.050	68,4%
C _{MO}	[€]	2.562	2.562	0,0%
C _{MS}	[€]	769	769	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.331	3.331	0,0%
OPEX	[€]	50.951	18.380	63,9%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 CLASSI

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,247 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico per la situazione ante-intervento e 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il

vettore elettrico per la situazione post-intervento

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,115 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico per la situazione ante-intervento e 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico per la situazione post-intervento

Figura 9.15 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 301.433
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 9.043
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 310.476
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 248.381
Equity	I_E	€ 62.095

Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 29.919
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 299.189
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 50.808

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 39.033
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 2.703
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 41.736
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	68,4%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	20,0%
Risparmio annuo PA garantito	18,4%	€ 25.421
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 8.347
Risparmio PA durante la concessione	9%	€ 224.057
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 31.946
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	30,68%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 6.805
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 3.629
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 6.640
Canone O&M €/anno	CnM	€ 2.807
Canone Energia €/anno	CnE	€ 13.508
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 16.315
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 17.074
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 33.389
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 54.357
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 163.155
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,73
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,98
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 63.001
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	8,24%
Indice di Profitto	IP	20,90%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,94
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,35
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 47.013
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	35,56%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,225

Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,175
Indice di Profitto Azionista	IP	15,60%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

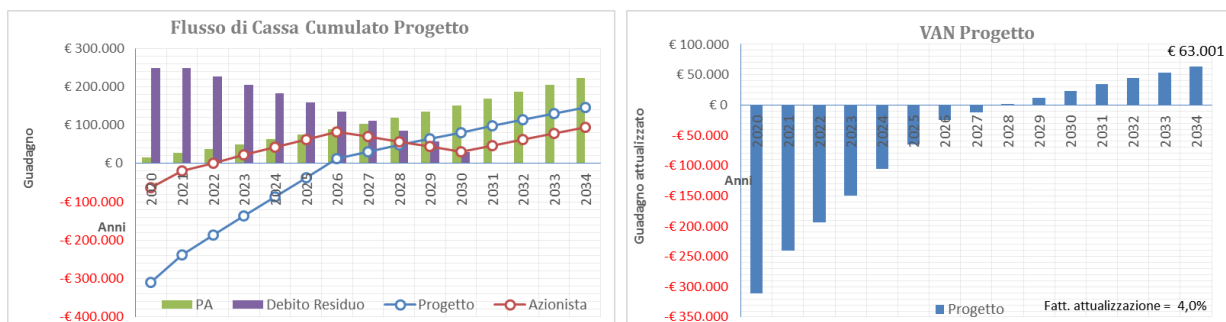
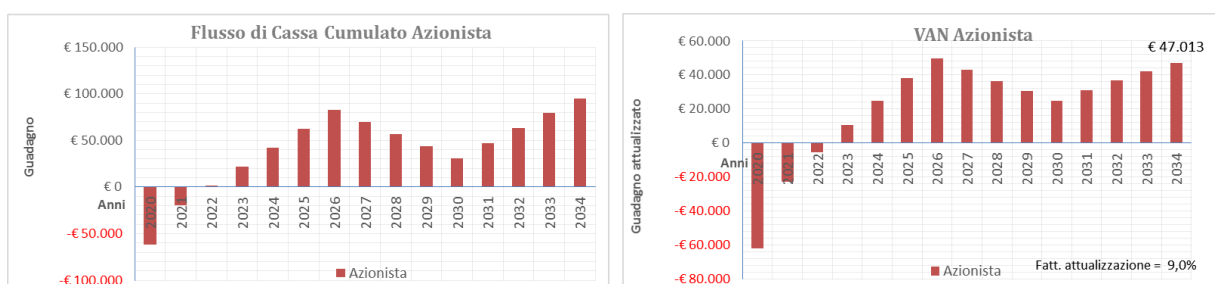
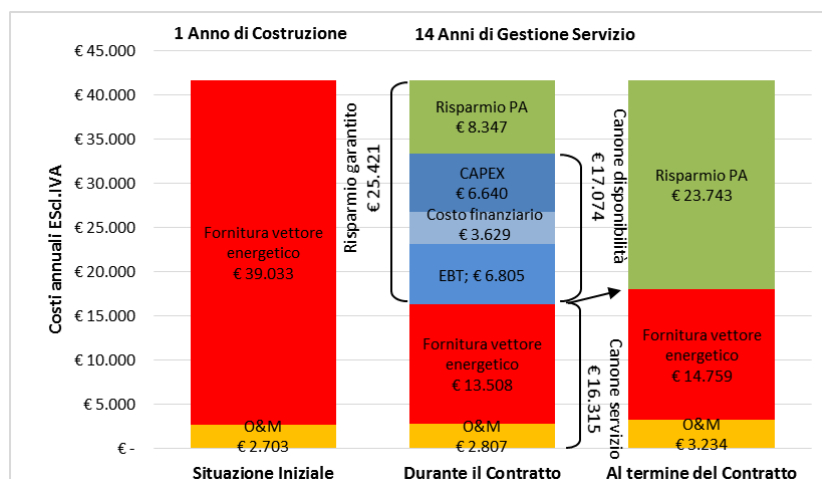


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: <25 ANNI

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

- EEM1 – Coibentazione murature verticali
- EEM2 – Coibentazione copertura esterna
- EEM3 – Sostituzione infissi
- EEM4 – Installazione valvole termostatiche e pompa a giri variabili
- EEM5 – Sostituzione del generatore di calore
- EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe dunque l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

- Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l’installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l’intervento: 4 €/mq
- Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
 - o Costo unitario valutato per l’intervento: 102 €/kWt
- Sostituzione di sistemi per l’illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)
 - o Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l’intervento: 4 €/mq
- Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l’intervento: 59 €/mq
- Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.b)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 450 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l’intervento: 582 €/mq
 - o Calcolo incentivo = 55%*450€/mq*mq infissi sostituiti.
- Isolamento copertura dall’esterno (art.4, c.1, lett.a)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 200 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l’intervento: 79 €/mq

Nel budget relativo alla sostituzione del generatore di calore e degli infissi è stata scorporata la quota parte relativa all’intervento EEM4.

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

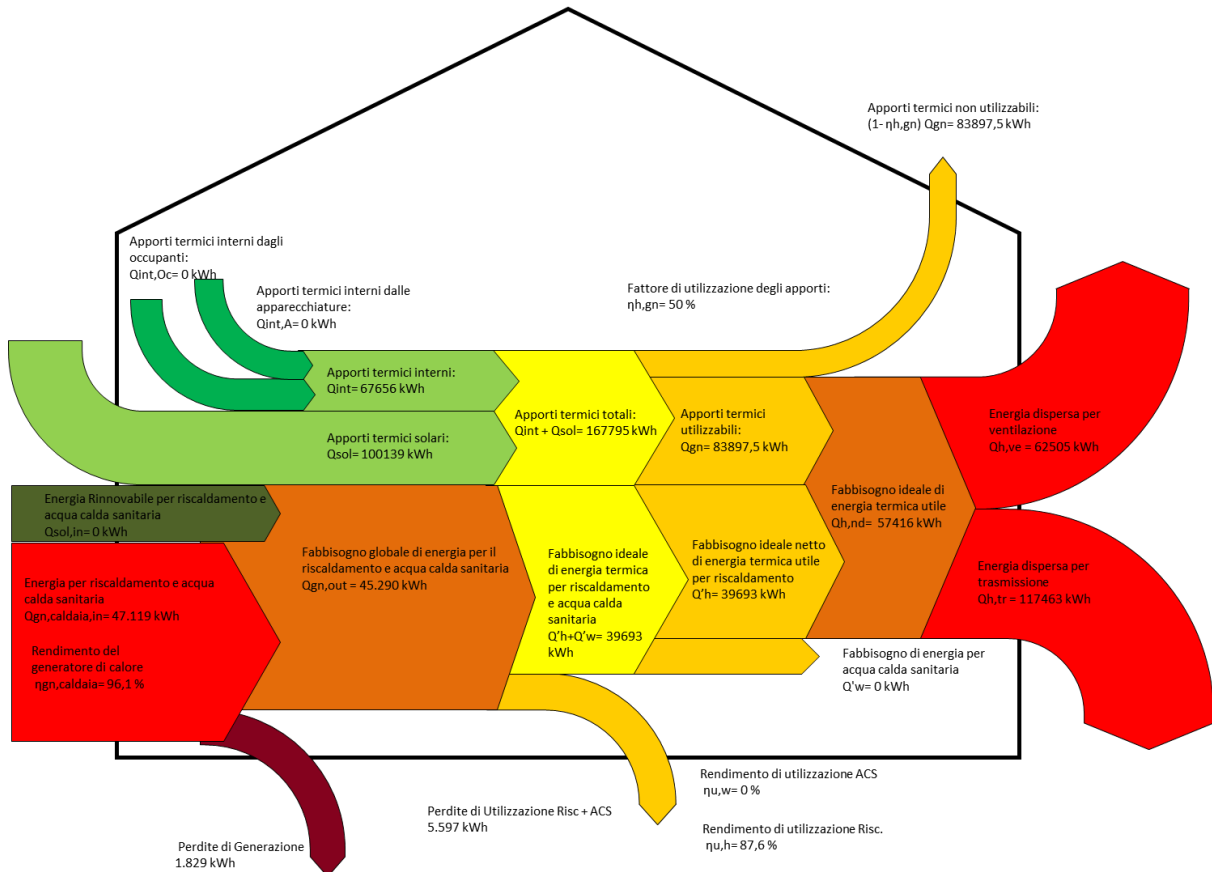
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 - Coibentazione murature verticali	€ 171.626	€ 37.758	€ 209.384
EEM2 - Coibentazione solaio esterno	€ 71.069	€ 15.635	€ 86.704
EEM3 - Sostituzione infissi	€ 194.257	€ 42.737	€ 236.994
EEM4 - Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili	€ 12.297	€ 2.705	€ 15.002
EEM5 - Sostituzione generatore di calore	€ 27.610	€ 6.074	€ 33.684
EEM6 - Sostituzione corpi illuminanti	€ 13.083	€ 2.878	€ 15.961
EEM1 - Costi per la sicurezza	€ 5.149	€ 1.133	€ 6.282
EEM2 - Costi per la sicurezza	€ 2.132	€ 469	€ 2.601
EEM3 - Costi per la sicurezza	€ 5.828	€ 1.282	€ 7.110
EEM4 - Costi per la sicurezza	€ 369	€ 81	€ 450
EEM5 - Costi per la sicurezza	€ 828	€ 182	€ 1.011
EEM6 - Costi per la sicurezza	€ 392	€ 86	€ 479
EEM1 -Costi per la progettazione	€ 12.014	€ 2.643	€ 14.657
EEM2 -Costi per la progettazione	€ 4.975	€ 1.094	€ 6.069
EEM3 -Costi per la progettazione	€ 13.598	€ 2.992	€ 16.590
EEM4 -Costi per la progettazione	€ 861	€ 189	€ 1.050
EEM5 -Costi per la progettazione	€ 1.933	€ 425	€ 2.358
EEM6 - Costi per la progettazione	€ 916	€ 201	€ 1.117
TOTALE (I₀)	€ 538.936	€ 118.566	€ 657.501
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM2 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM3 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM4 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM5 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM6 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
TOTALE (C_M)	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	[€]
Incentivi	Conto termico		€ 333.421
Durata incentivi			€ 5

Incentivo annuo

€
66.684

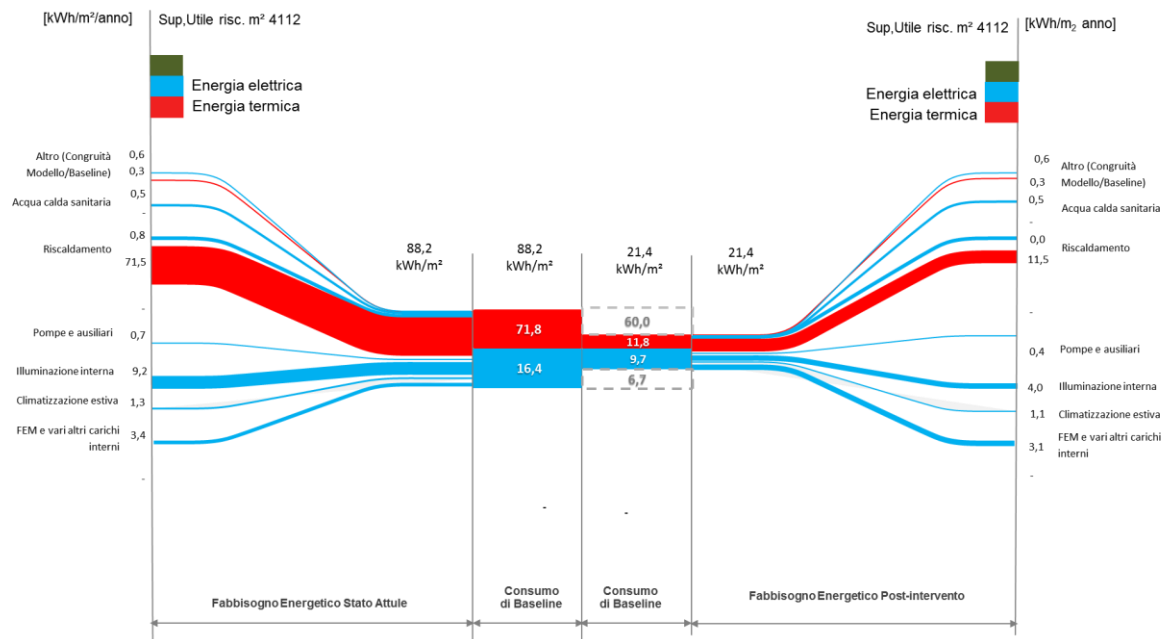
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che l'energia termica persa per trasmissione è diminuita rispetto allo stato di fatto, come anche l'energia primaria in ingresso all'impianto termico.

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



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21e nella Figura 9.21. È possibile notare che a fronte degli interventi di efficientamento energetico proposti si ha un miglioramento di 1 classi energetica, passando dalla classe G dello stato di fatto alla classe B.

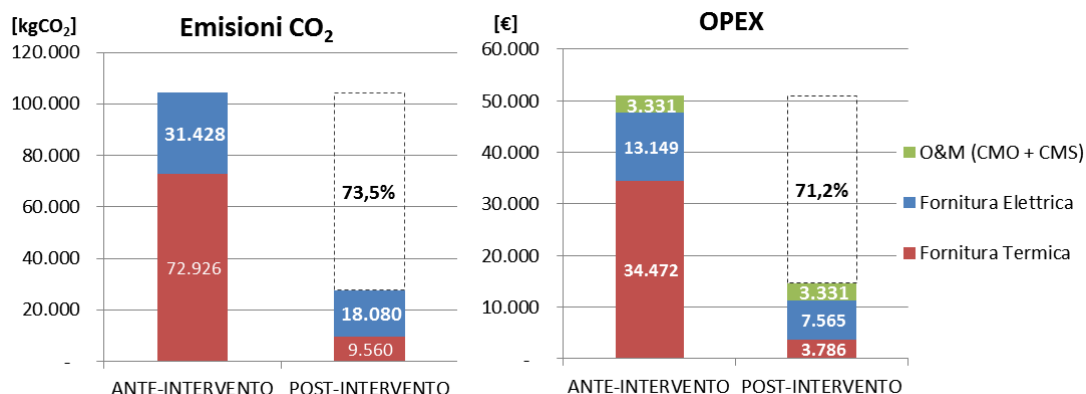
Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	80,8	98	-21,3%
Trasmittanza media infissi	[W/mqK]	3,579	2,24	37,4%
Rendimento generatore di calore	[%]	89,6	96,2	-7,4%
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	16884	7648	54,7%
Trasmittanza media murature verticali	[W/mqK]	1,872	0,288	84,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	293.959	47.119	84,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	64.964	37.373	42,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	295.247	47.325	84,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	67.298	38.716	42,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	72.926	9.560	86,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	31.428	18.080	42,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	104.354	27.640	73,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	34.472	3.786	89,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.149	7.565	42,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	47.621	11.351	76,2%
C_{MO}	[€]	2.562	2.562	0,0%
C_{MS}	[€]	769	769	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.331	3.331	0,0%
OPEX	[€]	50.951	14.681	71,2%
Classe energetica	[-]	G	B	+5 CLASSI

Nota (17) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,247 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico per la situazione ante-intervento e 0,202 0,247 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico per la situazione post-intervento

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,115 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico per la situazione ante-intervento e 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico per la situazione post-intervento

Figura 9.21 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.22, Tabella 9.23 e Tabella 9.24 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CDP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	24
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 657.501,00
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 19.725
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 677.226
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 541.781
Equity	I_E	€ 135.445

Fattore di annualità Debito	FA_D		15,70
Rata annua debito	q_D	€	34.506
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	828.147
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	286.366

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{ED}	€	39.033
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€	2.703
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	41.736
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		76,2%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		10,0%
Risparmio annuo PA garantito	51,6%	€	28.032
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	4.174
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	334.390
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	40.112
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		9,01%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	2.542
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	11.932
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	9.385
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	2.879
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	10.825
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	13.704
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	23.858
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	37.562
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	118.566
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	333.421
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		10,04
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		16,33
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	90.038
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		6,10%
Indice di Profitto	IP		13,69%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,45
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,72
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	113.277
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		51,21%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,157

Loan Life Cover Ratio	LLCR < 1	0,534
Indice di Profitto Azionista	IP	17,23%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

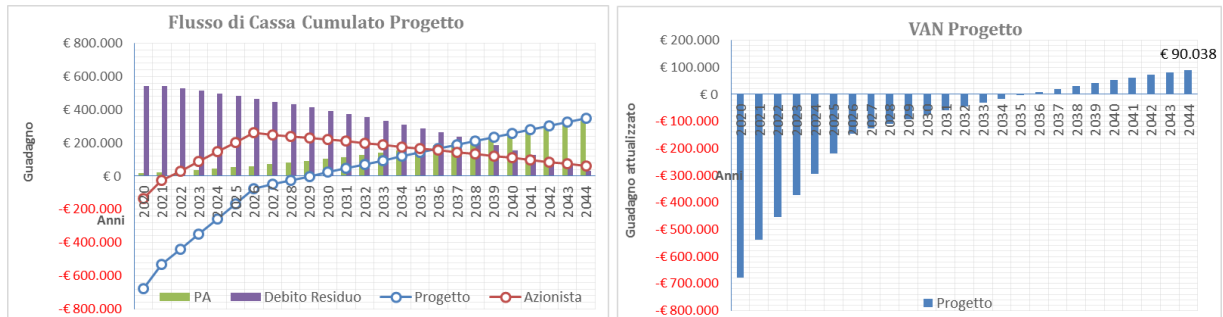
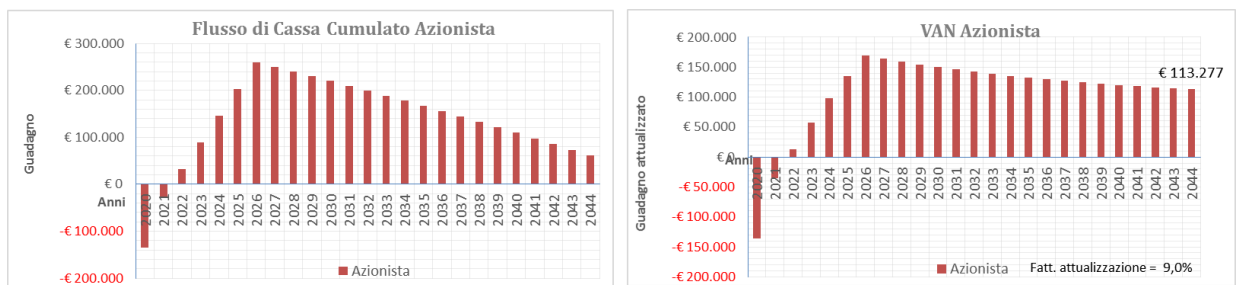
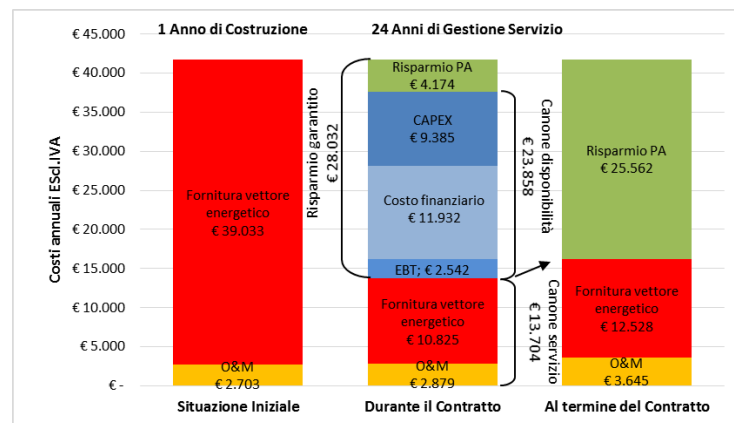


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.24.

Figura 9.24 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

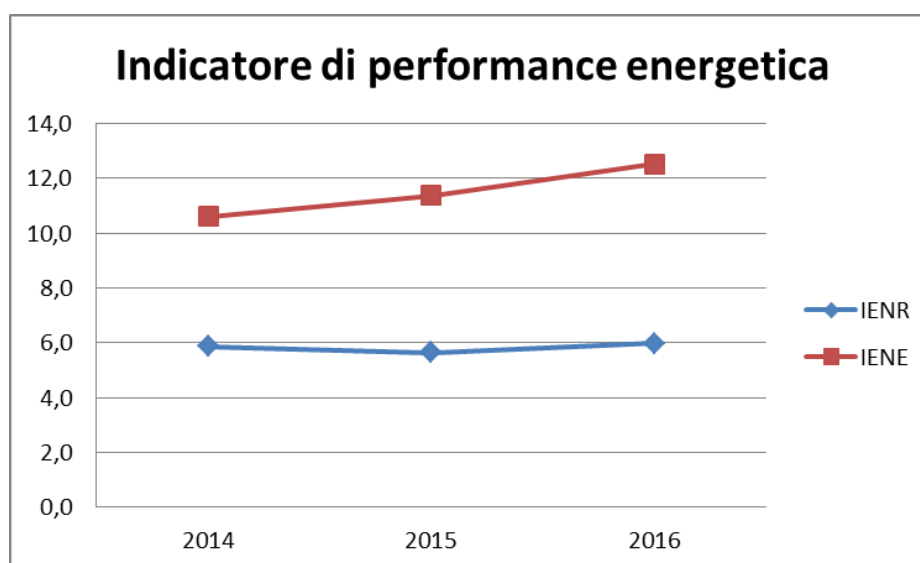
10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Nel presente documento sono stati individuati diverse tipologie di indici di performance energetica, tra cui IEN e ed IEN_r, ricavati dal documento ENEA-FIRE “Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole” e gli indici calcolati secondo DM 26/06/2015.

Relativamente alle classi di merito riportate nelle Linee Guida ENEA - FIRE, si ottiene un valore circa costante del valore di benchmark di IEN_R. Il giudizio per questo indicatore è buono per tutto il triennio considerato.

L’indicatore IEN_E subisce invece un progressivo aumento del valore, dovuto appunto ad aumento dei consumi così come registrato dal distributore di energia elettrica. Il giudizio per questo indicatore rimane insufficiente per tutto il periodo considerato.

Figura 10.1 – Indicatori di performance energetica



In riferimento al modello realizzato in funzionamento standard, così come richiesto per la redazione degli attestati di prestazione energetica, l’edificio oggetto di diagnosi risulta in classe energetica G, se confrontato con il relativo edificio di riferimento.

Nella seguente tabella sono riportati gli indicatori di prestazione energetica riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile relativi allo stato di fatto.

Tabella 10.1 – Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – stato di fatto

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	161,47	152,26
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	121,69	120,20
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,11	0,90
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	4,35	3,67
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	33,09	26,66
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,03	0,83
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	39	39

Nelle Tabella 10.2 e Tabella 10.3 sono invece riportati gli indici di prestazione energetica ricavati a seguito della valutazione dei 2 scenari di intervento descritti in precedenza.

Tabella 10.2– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN1

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	59,78	53,60
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	30,12	29,71
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,11	0,90
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	4,67	3,77
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	22,84	18,41
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,03	0,83
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	12	12

Tabella 10.3– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN2

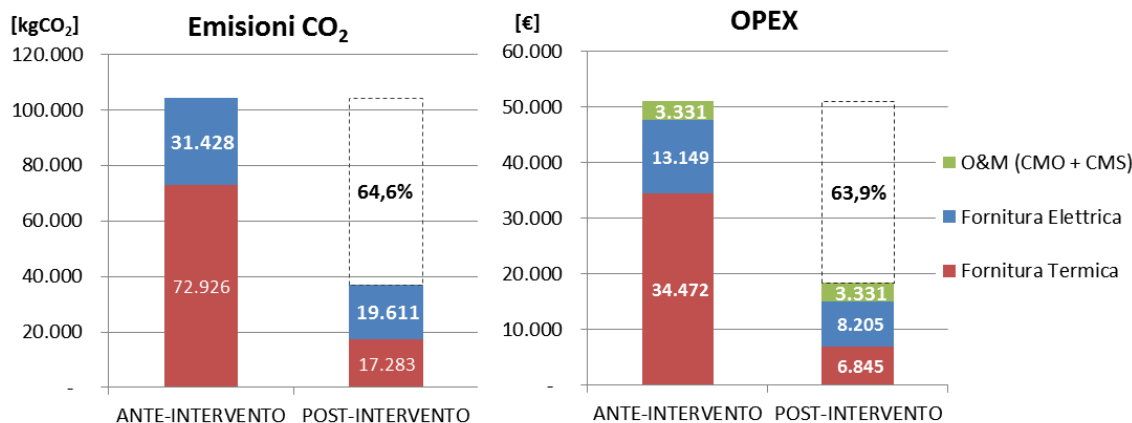
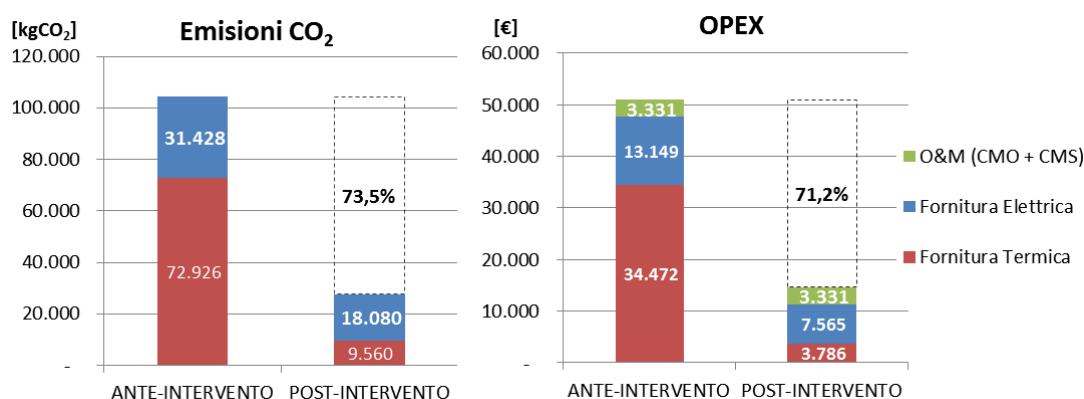
INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	42,51	36,69
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	14,67	14,26
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,11	0,90
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	2,85	2,30
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	22,84	18,41
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,03	0,83
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	8	0

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

A seguito dell’individuazione dei possibili interventi di efficientamento energetico, sono state proposte due soluzioni progettuali, SCN1 ed SCN2 con tempi di ritorno semplice a 15 e 25 anni, comprendenti i seguenti interventi:

- **Scenario 1: SCN1** – Tale scenario nell’installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter, la sostituzione del generatore di calore, la sostituzione dei corpi illuminanti e la coibentazione interna delle murature verticali.
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste nella sostituzione degli infissi con telaio in legno e vetro singolo e la coibentazione esterna del solaio disperdente, oltre che tutte gli interventi previsti nello SCN1.

Di seguito si riportano la riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 nelle due ipotesi adottate.

Figura 10.2 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baselineFigura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull'edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque ottimi risultati sia in termini di emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia. L'edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un ampio margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sull'involucro attualmente non coibentato e sulla regolazione più spinta dell'impianto di riscaldamento, nonché con la sostituzione del generatore di calore stesso.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi relativi alle coibentazioni degli involucri edilizi tra di loro e nemmeno con l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti.

Le proposte presentate possono essere realizzate con un unico cantiere nel periodo di chiusura estiva della scuola, al fine di non creare interferenze o disturbi alle normali lezioni.

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l'edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell'energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l'installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sui quadri elettrici generali delle due scuole; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l'installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, etc), consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell'energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura. Essendo i consumi termici dovuti alla sola climatizzazione invernale e l'impianto costituito da un unico circuito, sarebbe sufficiente l'installazione di un sistema di contabilizzazione del calore composto da un misuratore di portata e da una coppia di sonde di temperatura. In questo modo sarebbe possibile confrontare il futuro consumo di gas naturale derivante dalle letture al contatore con la produzione di energia termica generata in

centrale. Per entrambe le soluzioni di misura dei fabbisogni energetici esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

10.3 RACCOMANDAZIONI

Di seguito sono riportate le raccomandazioni e le buone pratiche per il miglioramento dell'efficienza energetica, a completamento del lavoro di diagnosi energetica eseguito, che comprendono vari aspetti relativi l'edificio: dall'utilizzo della struttura fatta dagli utenti, alle modalità di utilizzo delle apparecchiature elettriche, all'illuminazione, agli aspetti gestionali e di formazione.

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	<p>In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.</p> <p>Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.</p>
Apparecchiature elettriche	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.	<p>Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell'edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell'uscita del personale o programmare adeguatamente il temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l'alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all'interno dell'edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l'uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p>
Climatizzazione	<p>Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.</p> <p>Corretta regolazione delle centraline climatiche</p>	<p>Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.</p> <p>Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche.</p> <p>Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p> <p>Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</p> <p>Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.</p> <p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.</p>	<p>personalizzare gli orari di funzionamento e le temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.</p> <p>Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell'ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell'aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.</p> <p>In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l'eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.</p> <p>L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno.</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.</p> <p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.	mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l'impianto termico 30-60 minuti prima dell'uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.
Formazione del personale	Eeguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.	Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio. Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico. Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.
Illuminazione	Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno. Evitare gli sprechi.	Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa. Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni). Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'Istituto "Deledda" presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a novembre 2017, in condizioni sufficienti. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all'impianto termico od elettrico, ma sono state rilevate criticità in relazione soprattutto negli infissi di tipologia con telaio in legno e vetro singolo ad alta trasmittanza e alla centrale termica ancora alimentata a gasolio.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni.

Nei due scenari individuati si presentano due situazioni diverse, nello SCN 1 si ha un intervento di regolazione dell'impianto di riscaldamento invernale e di sostituzione con metanizzazione del generatore di calore, che prevede l'installazione di valvole termostatiche e di pompe ad inverter contestualmente all'installazione di una caldaia a condensazione, cui si aggiunge un intervento di coibentazione delle murature interne e la sostituzione dei corpi illuminanti. In questo scenario si ha un passaggio di 3 classi energetiche rispetto allo stato di fatto.

Nello SCN2, oltre gli interventi contenuti nello SCN1, sono stati eseguiti interventi di efficientamento mediante coibentazione esterna della copertura e sostituzione degli infissi con telaio in legno e vetro singolo.

Secondo questa seconda soluzione adottata si ha il passaggio di 5 classi energetiche, dalla classe G dello stato di fatto, alla classe B dello scenario SCN2. Questo dovuto al confronto con un nuovo edificio di riferimento rispetto a quello dello stato di fatto.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Elenco documentazione fornita dalla committenza	16/06/2018	DE_Lotto.1 - E1682_revA_Allegato A_Elenco doc fornita.xlsx

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Elaborazione consumi diagnosi	Elaborazione consumi per diagnosi e calcoli IEN E IER	03/08/2018	DE_Lotto1-E1682_revB-AllegatoB-Consumi per diagnosi - benchmark.xlsx
2	Elenco lampade e attrezzature elettriche	Elenco lampade ed attrezzature elettriche e modello elettrico FEM	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB-Elenco illuminazione e FEM.xlsx
3	Grafici template	Grafici ed elaborazioni dati utilizzati per la diagnosi ed il calcolo degli interventi migliorativi e gli scenari	03/08/2018	DE_Lotto1-E1682_revB-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx
4	Planimetria, zone termiche e posizionamento centrale termica – piano seminterrato	Planimetria, zone termiche e posizionamento centrale termica – piano seminterrato	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB_P-1.dwg
5	Planimetria zone termiche – piano terra	Planimetria zone termiche – piano terra	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB_PT.dwg
6	Planimetria zone termiche – piano primo e posizionamento POD1	Planimetria zone termiche – piano primo e posizionamento POD1	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB_P1.dwg
7	Planimetria zone termiche – piano secondo e posizionamento POD2	Planimetria zone termiche – piano secondo e posizionamento POD2	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB_P2.dwg
8	Posizionamento zone termiche – piano terzo	Planimetria zone termiche – piano terzo	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB_P3.dwg
9	Posizionamento zone termiche – piano quarto	Planimetria zone termiche – piano quarto	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB_P4.dwg
10	Schema a blocchi impianto termico	Schema a blocchi impianto termico	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB_Schema a blocchi impianto termico.xls
10	Schema a blocchi impianto elettrico	Schema a blocchi impianto elettrico	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB_Schema a blocchi impianto elettrico.xls
11	Visura catastale	Visura catastale	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB_Visura catastale.JPG

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Report termografico	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA_AllegatoC_Report termografico.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

	Titolo	Data	Nome file
1	Report strumentazione	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1682_revB-Allegato D-Report strumentali.docx

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo energetico Istituto “Deledda”	16/06/2018	DE_Lotto1-E1682_revA_AllegatoE_Relazione di calcolo - DELEDDA.rtf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
1	Certificato CTI software	16/06/2018	DE_Lotto.1- E1682_revA_AllegatoF_CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1682 – Bozza	16/06/2018	DE_Lotto.1- E1682_revA_AllegatoG_DELEDDA_APE – APE2015.RTF

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1682 – Scenario SCN1 – 15 anni –Bozza	16/06/2018	DE_Lotto.1- E1682_revA_AllegatoH_DELEDDA_APE SCN1- APE2015.RTF
2	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1682 – Scenario SCN2 – 25 anni –Bozza	16/06/2018	DE_Lotto.1- E1682_revA_AllegatoH_DELEDDA_APE SCN2- APE2015.RTF

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
1	Dati climatici di riferimento	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1682_revA_AllegatoI_Dati meteo Stazione Centro Funzionale.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	Schede AICARR E1682	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1682_revB_AllegatoJ_Check list schede AICARR.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
1	Sostituzione serramenti	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1682_revA_AllegatoK_A1.2 – Chiusure verticali trasparenti – sostituzione serramenti.pdf
2	Coibentazione interna delle murature verticali	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1682_revA_AllegatoK_A2.5 - Chiusure verticali opache-coibentazione dall interno con pannelli.pdf
3	Installazione pompe ad inverter	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1682_revA_AllegatoK_H15 - Installazione di pompe a portata variabile.pdf
4	Installazione valvole termostatiche	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1682_revA_AllegatoK_H16 – Installazione valvole termostatiche.pdf
5	Sostituzione corpi illuminanti	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1682_revA_AllegatoK_L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.pdf
6	Installazione caldaia a condensazione	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1682_revA_AllegatoK_H2 – Sostituzione sistemi di generazione obsoleti con caldaie a condensazione.pdf
7	Coibentazione solaio esterno	16/06/2018	DE_Lotto.1-E1682_revA_AllegatoK_A4.1 – Coibentazione copertura piana da esterno.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi Piano Economico Finanziario	16/06/2018	DE_Lotto.1- E1682_revB_AllegatoL_AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di benchmark edifici del Lotto 1	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revA-Allegato M_Benchmark.docx

ALLEGATO N – CD-ROM