

SCUOLA MEDIA "ALDO GASTALDI"

E1640

Salita di Oregina, 40 - 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

SCUOLA MEDIA “ALDO GASTALDI”

E1640

Salita di Oregina 40

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	03/05/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Prima emissione del documento di diagnosi energetica
B	03/08/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Seconda emissione del 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
TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL'EDIFICIO	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	6
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	6
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
TABELLA 2.1 - SUDDIVISIONE IN PIANI DELL'EDIFICIO	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	14
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.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
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	24
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	26
5 CONSUMI RILEVATI	27
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	27
5.1.1 <i>Energia termica</i>	27
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	30
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	33
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	37
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	39
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	43



7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	43
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	45
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	48
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	52
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	52
EEM1:	COIBENTAZIONE DEL SOTTOTETTO	52
EEM2:	ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO ESTERNO.....	54
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	56
EEM3:	INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .56	
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	57
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i>	58
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	58
EEM4:	SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	58
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	61
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	61
EEM1:	COIBENTAZIONE DEL SOLAIO SOTTOTETTO.....	61
EEM2:	ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO ESTERNO.....	61
EEM3:	INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .62	
EEM4:	SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	64
EEM1:	COIBENTAZIONE SOTTOTETTO	65
EEM2:	ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO ESTERNO.....	66
EEM3:	INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .67	
EEM4:	SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	68
SINTESI		69
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	70
9.3.1	<i>Scenario 1: TRS < 15 ANNI</i>	73
9.3.2	<i>Scenario 2: TRS < 25 ANNI</i>	79
10	CONCLUSIONI	85
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	85
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	86
10.3	RACCOMANDAZIONI	88
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	90
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		[1971]
Anno di ristrutturazione		servizi igienici palestra Piano S4 2015 sostituzione infissi circa 2003 impianto elettrico -
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso (da DPR 412/93)		[E.7 (Scuole)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.347
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.615
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	9.200
Rapporto S/V	[1/m]	0,39
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.762
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	579
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.341
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	400
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici ad accumulo
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	48,5
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	193.275
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	14.713
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	19.571
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	4.678

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione solaio sottotetto
- EEM 2: Isolamento pareti con cappotto esterno
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione lampade con apparecchi LED
- SCN 1: Installazione di valvole termostatiche sui radiatori e sostituzione elettropompa principale con altra a inverter
- SCN 2: Coibentazione solaio sottotetto, cappotto esterno, installazione di valvole termostatiche sui radiatori e sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

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													
% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		

E1640 – Scuola media “Aldo Gastaldi”

EEM 1: Copertura	12,4%	10,8%	2093	0	0	43967	10,9	16,7	30	11625	7,0%	0,26	n/a	n/a
EEM 2: Cappotto interno	20,1%	17,6%	3398	0	0	168988	23,7	36,4	30	- 30629	1,3%	-0,18	n/a	n/a
EEM 3: Valvole termostatiche	18,3%	16,2%	3125	0	0	6993	1,9	2,2	15	25857	47,2%	3,70	n/a	n/a
EEM 4: Corpi illuminanti	3,4%	6,8%	1348	0	0	10489	4,6	5,6	15	7367	15,5%	0,70	n/a	n/a
SCN 1 (TRS<15 ANNI)	21,7%	23,0%	4473	0	0	17482	4,2	6,1	15	4762	33,3%	0,27	1,105	2,102
SCN 2 (TRS<25 ANNI)	53,1%	50,3%	9761	0	0	230437	23,9	52,7	25	- 17302	0,8%	0,075	0,917	0,933

*I dati economico-finanziari degli scenari sono riferiti ad un contratto EPC tramite ESCO

Figura 0.1– Scenario 1: analisi finanziaria

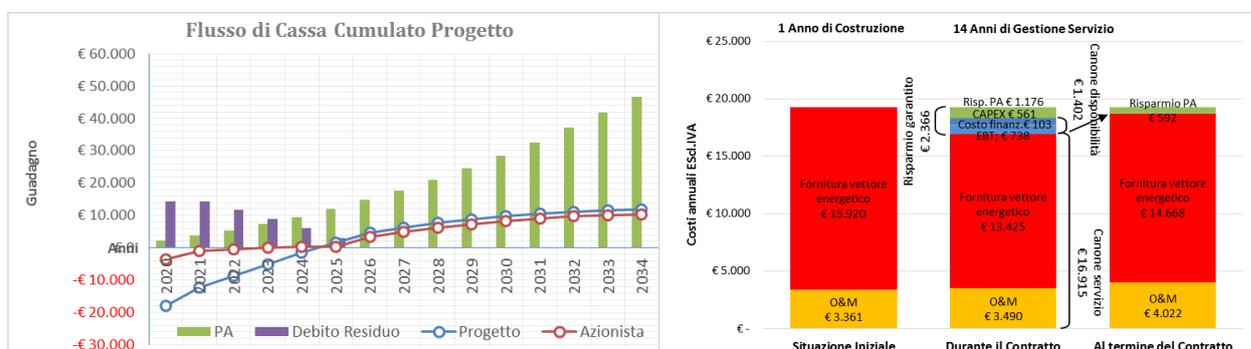
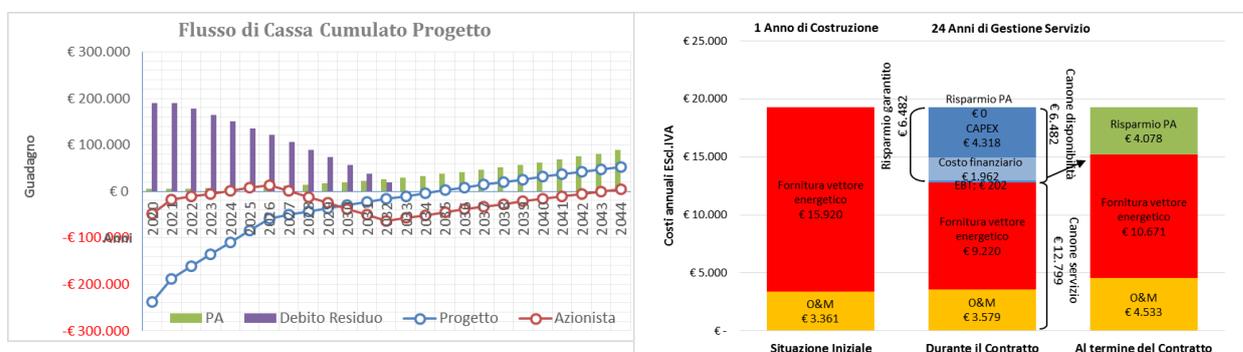


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L’edificio oggetto di diagnosi risale alla fine degli anni ‘60, e non ha subito sostanziali ristrutturazioni nel corso degli anni, tranne la sostituzione degli infissi intorno al 2003, la metanizzazione dell’impianto di riscaldamento nel 2014 e la ristrutturazione interna dei servizi igienici della palestra. Le performance energetiche complessive dello stato di fatto, classificano l’edificio in Classe F.

Nella presente Diagnosi sono stati proposti gli interventi di efficientamento che meglio possono rispondere alle esigenze di riduzione delle emissioni di CO₂ e allo stesso tempo, risultino sostenibili dal punto di vista economico-finanziario.

Le tabelle precedenti riassumono, per ciascun intervento proposto, gli obiettivi raggiungibili sia in termini di energia che di ritorno dell’investimento. I singoli interventi con un migliore rapporto costi-benefici sono quelli impiantistici, riguardanti sia l’impianto termico che elettrico.

In ottica di una riqualificazione importante dal punto di vista della riduzione dei consumi, bisognerebbe operare integrando più interventi energetici tra loro. In questa prospettiva, soltanto lo scenario 1 risulta conveniente anche sul piano economico-finanziario; al contrario lo Scenario 2 consente un aumento di due classi energetiche dell’edificio, permettendo così di accedere al Fondo



Kyoto per l'accesso ai finanziamenti previsti per la realizzazione degli interventi di efficientamento energetico.

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.

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società Nier Ingegneria SpA, 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.

Figura 1.1 - Vista delle facciate esposte a Nord e a Ovest



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

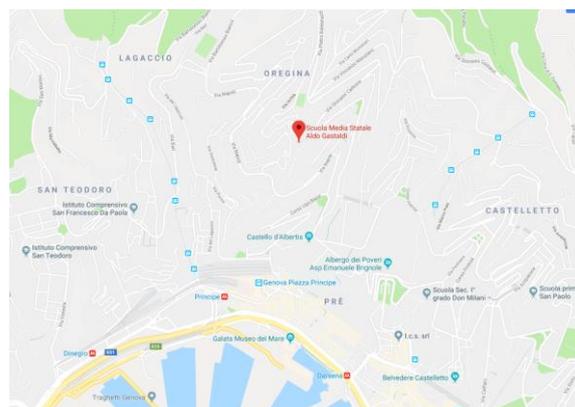
Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Ing. Mara Pignataro		Sopralluogo in sito
Ing. Mara Pignataro		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Mara Pignataro		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Mara Pignataro		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 catastalmente censito al Catasto Terreni, individuato con Sezione A F. 12 Mappali 109 e 58, secondo quanto comunicato dal Comune. Da un controllo catastale risulta inoltre che il mappale 58 è intestato al Comune di Genova, il mappale 109 risulta invece di proprietà di altro soggetto privato. Si consiglia pertanto di provvedere all'aggiornamento catastale dell'immobile.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



L'edificio è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Oregina, con entrata principale in Salita di Oregina 40 a cui si accede anche da Via Boine attraverso una scalinata esterna.

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

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		1971
Anno di ristrutturazione		servizi igienici palestra Piano S4 2015 sostituzione infissi circa 2003 impianto elettrico -
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		[E.7 (Scuole)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.347
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.615
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	9.200
Rapporto S/V	[1/m]	0,39

Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.417
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.762
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	579
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.341
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	400
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽²⁾	[t/anno]	48,5
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾	[kWh _{tr} /anno]	193.275
Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾	[€/anno]	14.713
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽²⁾	[kWh _{el} /anno]	19.571
Spesa annuale energia elettrica ⁽²⁾	[€/anno]	4.678

Nota (2): Valori di Baseline

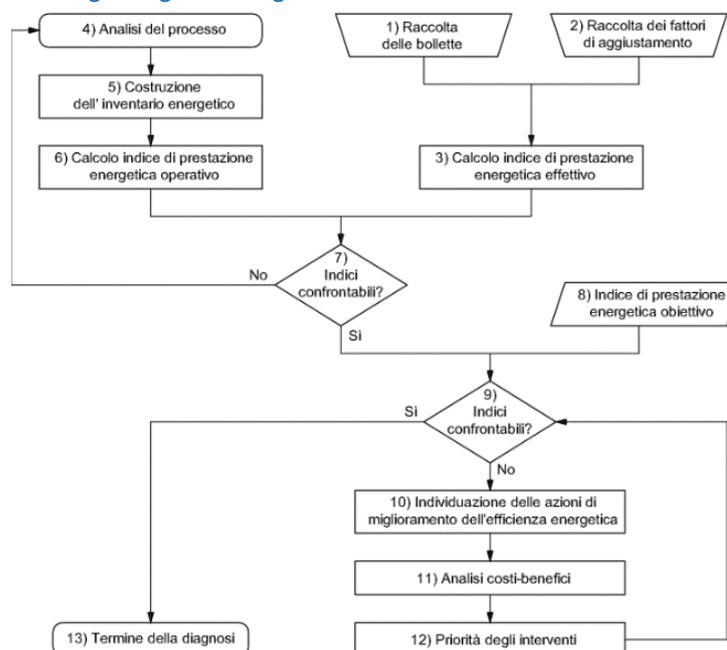
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errorre. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 14/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per AgeSi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- 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;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo di Castellaccio e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});

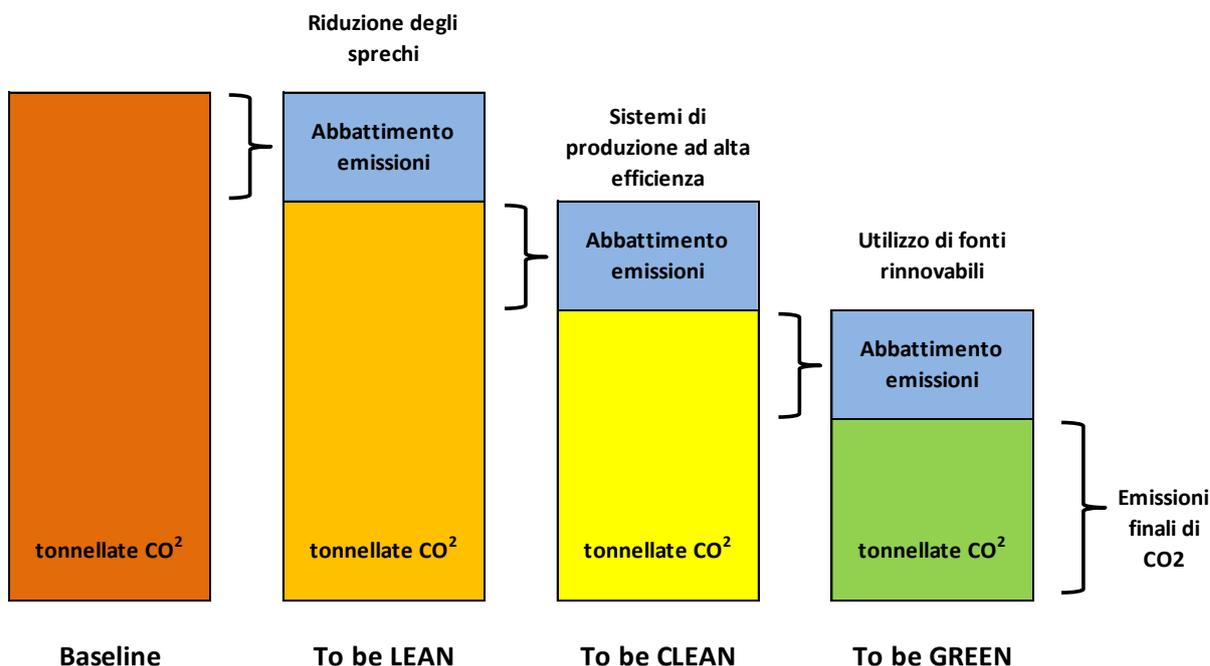
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, 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 15 e a 25 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una EScO;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

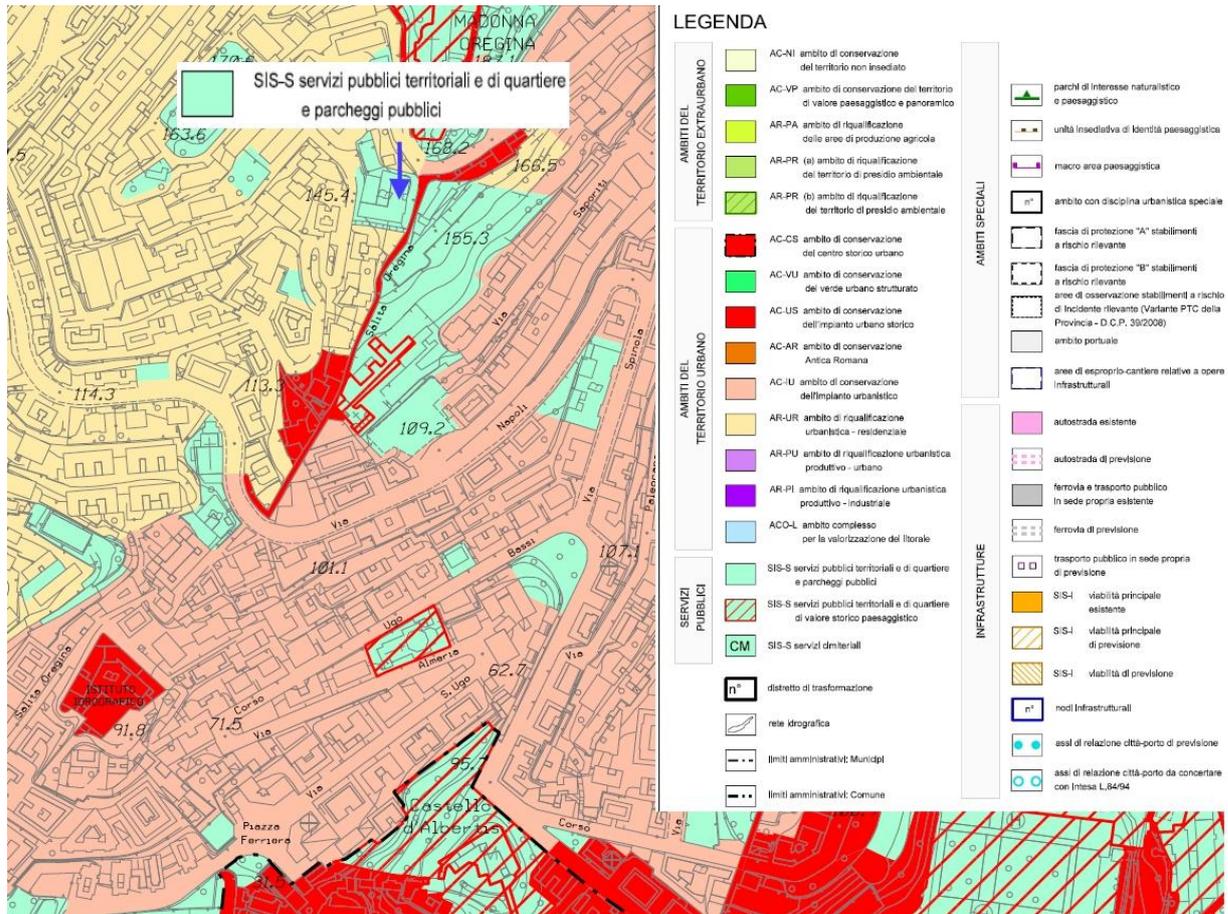
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE come *SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici*, ed è inserito in una zona il cui ambito prevalente è *AR-UR ambito di riqualificazione urbanistica-residenziale*.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la scuola media “Aldo Gastaldi” risale all'incirca alla fine degli anni '60 per essere adibito molto probabilmente già a struttura scolastica mantenendo negli anni la stessa destinazione d'uso.

Pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente l'edificio ricade nella destinazione d'uso E.7 – Scuole di ogni genere e tipo.

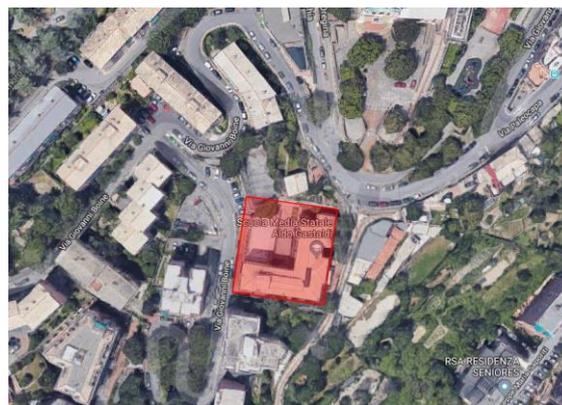
Poiché l'edificio non risulta avere una corretta identificazione catastale (si veda par. 1.4), ai fini dell'esecuzione degli interventi di efficientamento energetico potrà essere necessario apportare una variazione di proprietà e di visura planimetrica, provvedendo al passaggio al NCEU. Dal punto di vista urbanistico non saranno invece necessarie varianti in quanto risulta già classificato come struttura di servizio pubblico.

L'edificio ospitante il complesso scolastico è costituito complessivamente da 5 piani, di cui gli ultimi due completamente fuori terra, mentre i primi tre piani sono parzialmente interrati, distaccati di circa un metro dal muro di contenimento della collina, per mezzo di un cavedio aerato. L'edificio ha complessivamente una struttura ad L, ma ogni piano presenta uno sviluppo in pianta differente per meglio adattarsi

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

alla conformazione del terreno. L'ingresso alla scuola, ovvero il “piano terra”, a cui si accede dalla Salita di Oregina, è in realtà il penultimo piano se visto dalla sottostante Via Boine.

A livello di Via Boine (Piano S4) si sviluppa una struttura a doppio volume che ospita la palestra della scuola, comunicante internamente con il resto dell'edificio con cui acquisisce una forma a C a questo livello. Oltre alla palestra l'edificio ospita aule, sala informatica, servizi e zone poco utilizzate destinate a deposito. La centrale termica, infine, è ubicata al livello stradale di via Boine, ricavata in un terrapieno in parte sotto la palestra.



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

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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽⁴⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽⁴⁾
Sottotetto	Locale tecnico	[m ²]	86	0	0
P1	Aule, biblioteca, servizi igienici	[m ²]	600	544	0
P0	Ingresso, aule, ufficio, servizi	[m ²]	598	544	0
S1	Aule, sala informatica, servizi igienici	[m ²]	591	539	0
S2	Aule, archivi, servizi igienici	[m ²]	327	296	0
S3	Archivi e depositi	[m ²]	212	170	0
S4	Ingresso, spogliatoio, servizi igienici	[m ²]	115	101	0
S4	Palestra	[m ²]	172	153	0
S5	Centrale termica	[m ²]	61	0	0
TOTALE		[m ²]	2.762	2.347	0

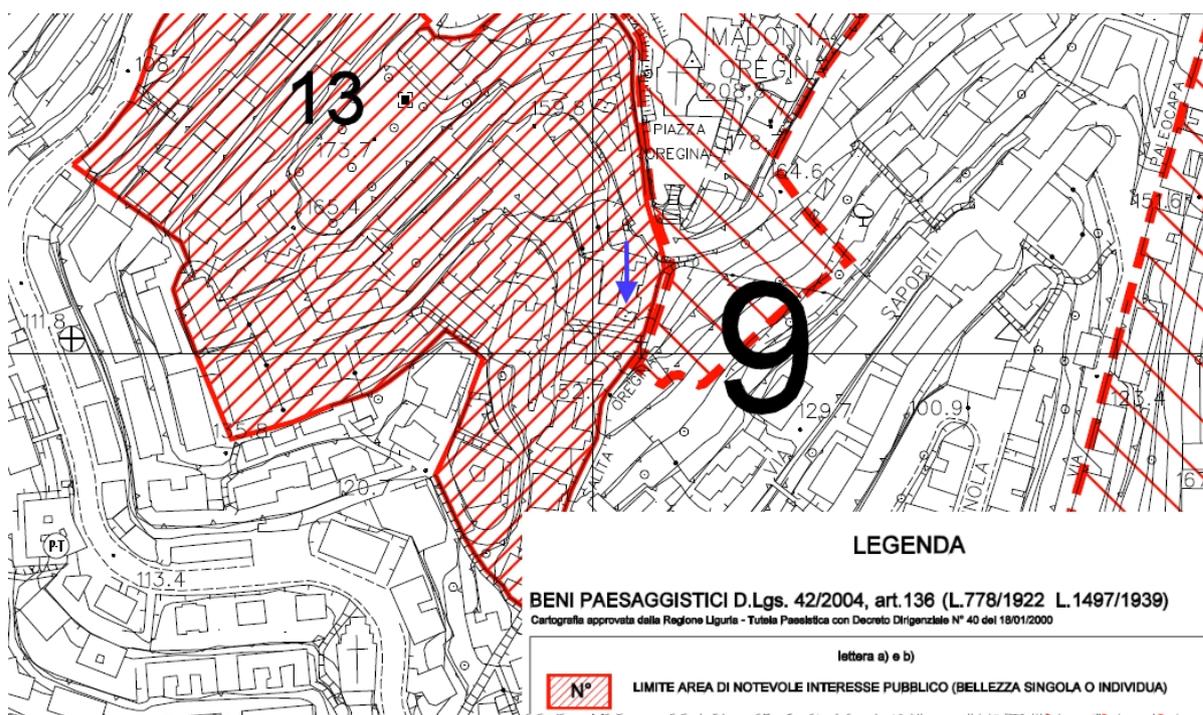
Nota (3): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

L'edificio è situato all'interno del quartiere Oregina situato sulla collina soprastante la stazione di Genova Piazza Principe. Il quartiere, abitato sin dal XVI secolo, si è sviluppato in particolare a partire dalla fine del XIX secolo, mentre la parte a ponente che confina col Lagaccio è di epoca successiva. Amministrativamente fa parte del Municipio I Centro Est.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sugli strumenti urbanistici comunali e sul portale dei Vincoli Architettonici, Archeologici e Paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l’edificio non è soggetto a vincoli architettonici puntuali ma è inserito in un’area di notevole interesse paesaggistico in quanto *Bellezza Singola o Individua* e tutelata ai sensi dell’art.136 del D. Lgs. 42/2004 “Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio” con opportuno decreto dirigenziale.

L’edificio non ricade invece all’interno di una zona soggetta a vincolo idrogeologico.

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con il vincolo presente.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA (5)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Coibentazione interna solaio sottotetto	-		-
EEM 2: Cappotto esterno pareti perimetrali	Bellezze individue		Richiesta Autorizzazione paesaggistica
EEM 3: Installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti	-		-
<p>Nota (5): Legenda livelli di interferenza:</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: red; margin-right: 10px;"></div> Non perseguibile </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: yellow; margin-right: 10px;"></div> Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #90EE90; margin-right: 10px;"></div> Interferenza nulla </div>			

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell’edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all’interno dell’edificio scolastico.

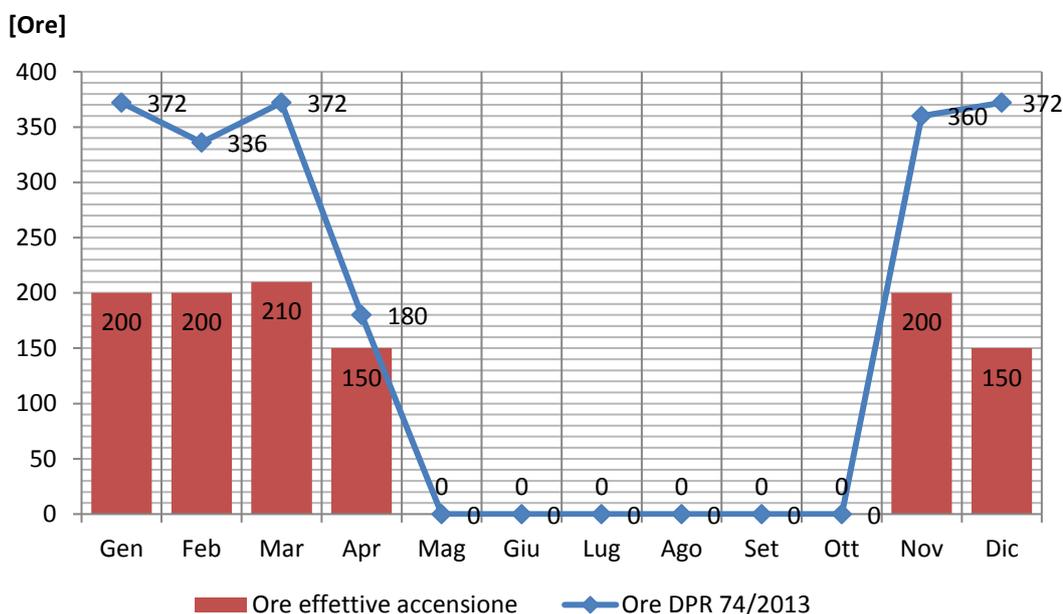
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati comunicati dal servizio gestione calore del Comune di Genova.

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 SCUOLA	ORARIO FUNZIONAMENTO PALESTRA	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO RISCALDAMENTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Lun – merc - ven	08:00 – 14:00	08:00 – 21:00	07.00 – 17.00
	Mar - gio	08:00 – 17:00	08:00 – 21:00	07.00 – 17.00
	sabato e domenica	chiuso	08:00 – 21:00	spento
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Lun – merc - ven	08:00 – 14:00	08:00 – 21:00	spento
	Mar - gio	08:00 – 17:00	08:00 – 21:00	spento

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono coincidenti con gli orari di apertura della scuola nei giorni di martedì e giovedì. L’accensione anticipata dell’impianto serve a mandare in temperatura di 20°C i locali interni in corrispondenza dell’inizio delle lezioni.

Pertanto gli orari sono in generale coerenti con l’effettivo soddisfacimento dei fabbisogni di comfort interno dell’edificio. La palestra segue gli stessi orari di accensione del resto della struttura. Durante l’utilizzo della palestra da parte di associazioni esterne in orari extra, il riscaldamento è pertanto inattivo.

Nelle giornate di lunedì, mercoledì e venerdì, l’orario di fine lezioni è alle 14:00, si potrebbe pertanto anticipare lo spegnimento in tali giorni.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 924 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
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	71	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	924	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 [%]
E1640	SCUOLA MEDIA "GASTALDI"	150.666	151.504	-838	-0,55%

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 temperature esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle caratteristiche climatiche della zona.

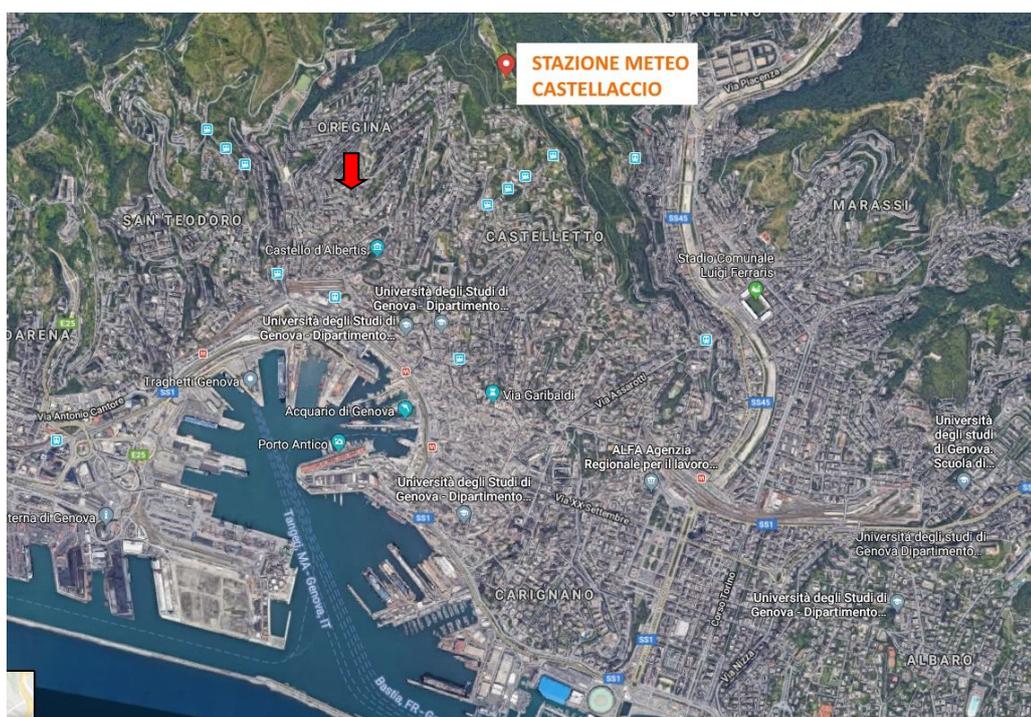
Dall’analisi delle stazioni meteo presenti sul territorio comunale, reperite sul sito Ambiente della Regione Liguria, è risultato che le stazioni che riportano con maggiore completezza i dati medi di temperatura sono:

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

Nell’edificio oggetto di diagnosi i dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica di Castellaccio (stazione RIGHI), nel bacino del Bisagno, posta ad un’altitudine di 360 m s.l.m..

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto l’edificio oggetto di diagnosi si trova ad un’altitudine pari a 155 m s.l.m., per cui le condizioni climatiche possono essere più verosimili rispetto alla centralina posta a circa 30 m sul livello del mare.

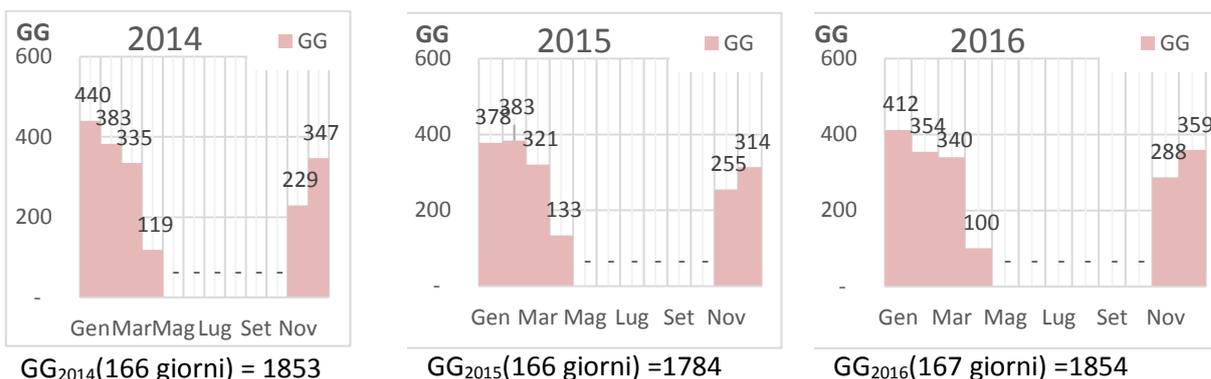
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

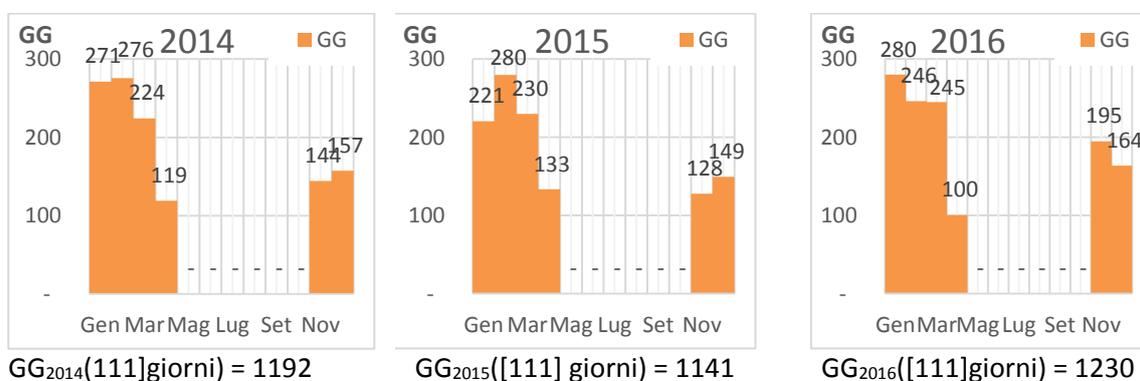


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 924 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_{reali} 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 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'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura a telaio in cemento armato e tamponamenti in muratura. Le pareti esterne sono prevalentemente intonacate con colore chiaro, in corrispondenza delle fasce sotto finestra invece il rivestimento è in laterizio faccia-vista.

Le pareti hanno spessore costante di 40 cm, ma nei sottofinestra si riduce di 16 cm per ospitare i radiatori. L'impianto strutturale formato da travi e pilastri è aggettante rispetto alle pareti di tamponamento di circa 30 cm.

Lo stato dell'intonaco esterno non è in sufficiente stato di conservazione, presentando vaste aree di distacco.

La copertura dell'edificio è plurifalda, realizzata in latero-cemento e manto finale di copertura in tegole di laterizio. All'ultimo piano è presente un solaio sottotetto in latero-cemento, creando così un vuoto tra il piano riscaldato e la copertura stessa. Sul lato del terreno, le pareti si affacciano su un'intercapedine profonda circa 1 m, quindi sempre in ombra e debolmente ventilate.

La struttura ospitante la palestra segue gli stessi criteri costruttivi, ma presenta una copertura piana calpestabile con rivestimento esterno in guaina impermeabile.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro esposta a sud e dell'ingresso



Figura 4.2 - Particolare della copertura della palestra



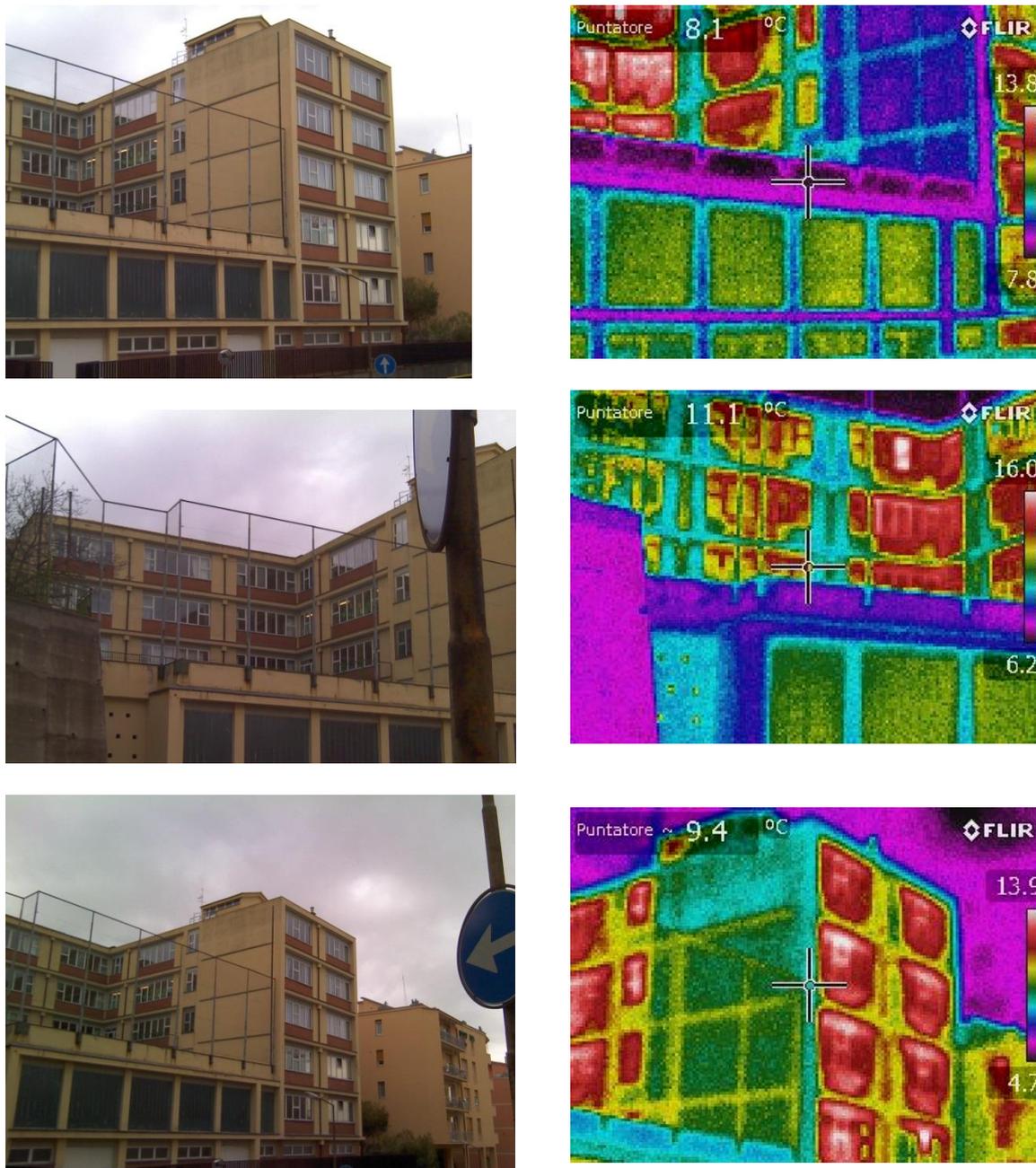
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40
- Indagine visiva delle strutture

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- E' possibile notare chiaramente la struttura a telaio con un gradiente di temperatura tra pilastri e travi e i tamponamenti. Le pareti sottofinestra, di spessore più piccolo, con i radiatori interni, presentano elevate trasmittanze quasi analoghe alle finestre.
- L'angolo formato dalla struttura presenta un ponte termico geometrico continuo per tutta l'altezza, con temperature superficiali più elevate rispetto al resto dei tamponamenti.
- La struttura della palestra presenta temperature superficiali inferiori, dovute al fatto che l'impianto di riscaldamento risultava spento.

Figura 4.3 – Rilievo termografico delle pareti esterne esposte a nord e ovest



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Parete esterna	M1	40	Assente	0,65/1,05*	Mediocre
Solaio sottotetto	S1	26	Assente	1,77	Sufficiente
Copertura piana palestra	S2	35	Assente	1,51	Sufficiente

*Trasmittanza comprensiva dei ponti termici

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

4.1.2 Involucro trasparente

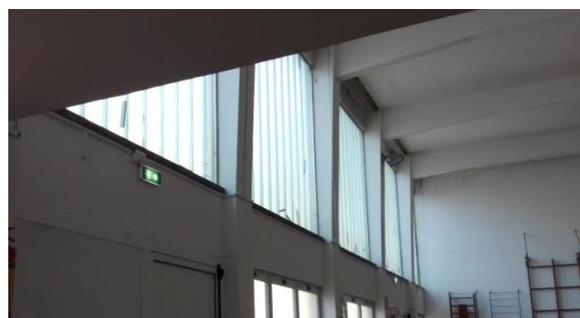
L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da grandi serramenti con telaio in alluminio e vetrocamera 6-8-6 mm. Lo spessore del telaio è pari a 5 cm. Non sono presenti componenti oscuranti quali tapparelle, ma solo tende bianche interne.

Lo stato di conservazione degli stessi è sufficiente essendo state installate intorno al 2002 secondo quanto comunicato dal personale in sede di sopralluogo. La trasmittanza del telaio è comunque elevata, creando un ponte termico tra parete opaca e serramento.

Le porte esterne sono in metallo con vetro singolo di spessore 8 mm.

In palestra sono presenti grandi vetrate del tipo U-Glass tipiche delle strutture sportive, che presentano elevate trasmittanze termiche. Tale tipo di componente è presente anche sul vano scale posto sul lato sud dell’edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



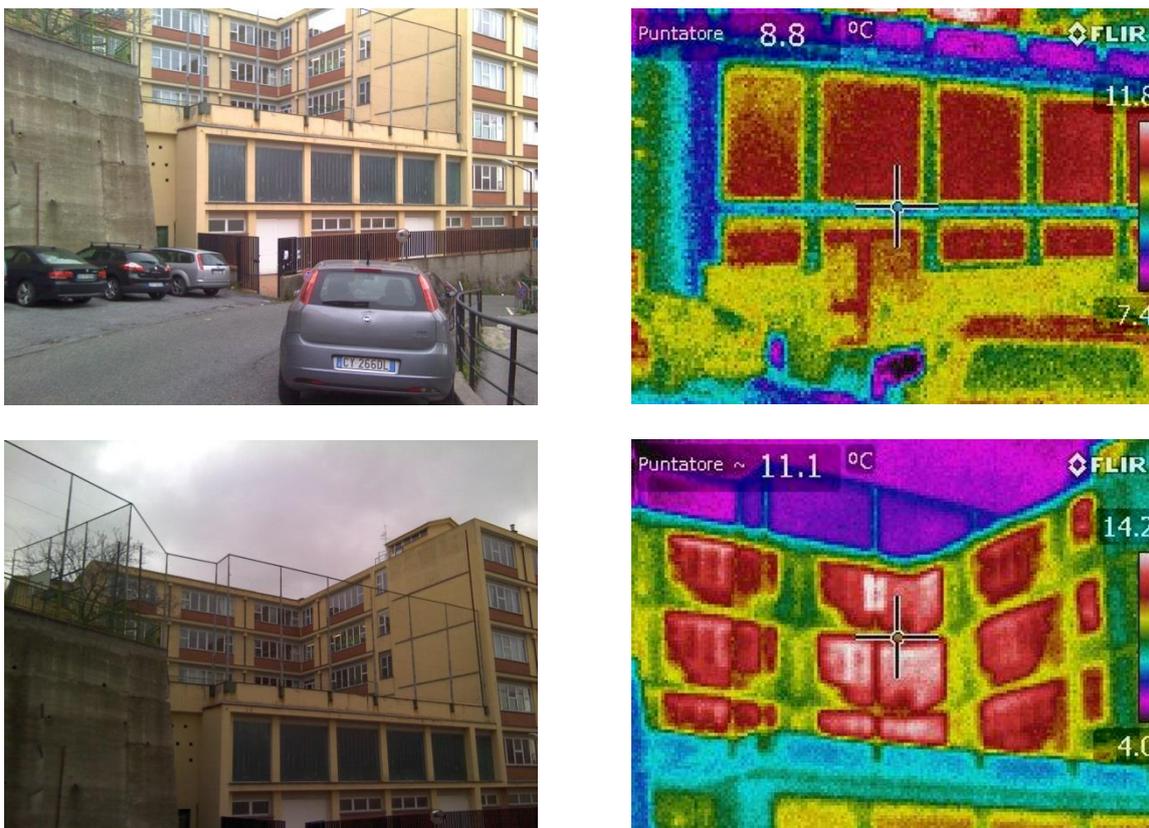
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico delle pareti esterne eseguito tramite l’utilizzo di termo camera FLIR E40
- Rilevamento dello spessore delle vetrocamere di porte e finestre tramite spessivetro
- Rilievo geometrico dei serramenti
- Valutazione visiva dei componenti

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- I serramenti sono in sufficiente stato di conservazione
- Dalla termografia si può notare un gradiente di temperatura tra il telaio dei serramenti e la struttura opaca.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti sul lato ovest



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

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1 (W1)	500x170	Alluminio	Vetro doppio	2,92	Buono
Porta finestra	PF1 (W12)	300x260	Alluminio	Vetro doppio	3,75	Buono
U-Glass	M3	vario	Metallo (solo perimetrale)	Doppio vetro a U	3,35	Sufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia a basamento di tipo tradizionale ubicata in centrale termica e alimentata a gas metano. L’impianto è gestito con contratto SIE3.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa
- Aerotermi ad acqua in palestra
- Radiatori in alluminio negli spogliatoi

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori risultavano tutti funzionanti e privi di valvola termostatica. Riguardo agli aerotermi, dalle interviste effettuate è emerso che negli ultimi anni venivano mantenuti spenti.

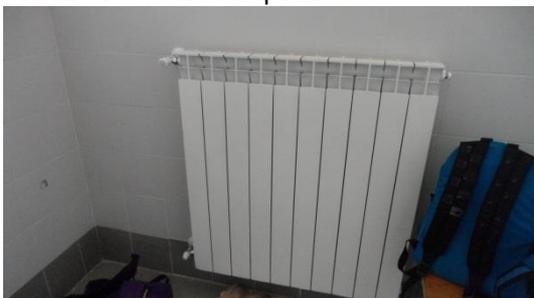


Figura 4.6 - Particolare dei radiatori scuola e aerotermi palestra



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola	Radiatori in ghisa o alluminio	92 %
Palestra	Aerotermi ad acqua	93 %

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.4; tali caratteristiche sono state recepite dalla documentazione fornita dalla PA e verificate in sede di sopralluogo. Dalla modellazione energetica eseguita con software certificato Edilclima si è ottenuto un valore globale di potenza installata per l'emissione a radiatori pari a 163,5 kW, considerando un salto termico nominale lato aria di 50°C e lato acqua di 10°C; tale valore risulta in linea con quanto riportato in tabella.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA MEDIA*	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA*	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Primo	A parete o in nicchia	13	3,6	47	-	-
Terra	A parete o in nicchia	17	3,1	52	-	-
S1	A parete o in nicchia	15	3,4	51	-	-
S2	A parete o in nicchia	10	2,8	28	-	-
S3	A parete o in nicchia	6	2,8	17	-	-
S4	A parete	6	1,8	11	-	-
S4	A soffitto (palestra)	4	9**	36	-	-
TOTALE		71		242		

*Valori ricavati da checklist fornita dal Comune

**Valori ipotizzati in base al volume riscaldato

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 con impostazione della curva climatica per mezzo di un ottimizzatore climatico di centrale termica collegato alla telegestione e valvola di regolazione a tre vie. E' presente un cronotermostato con l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point di mandata dell'acqua alle diverse temperature esterne, che al momento del sopralluogo non è stato possibile visionare.

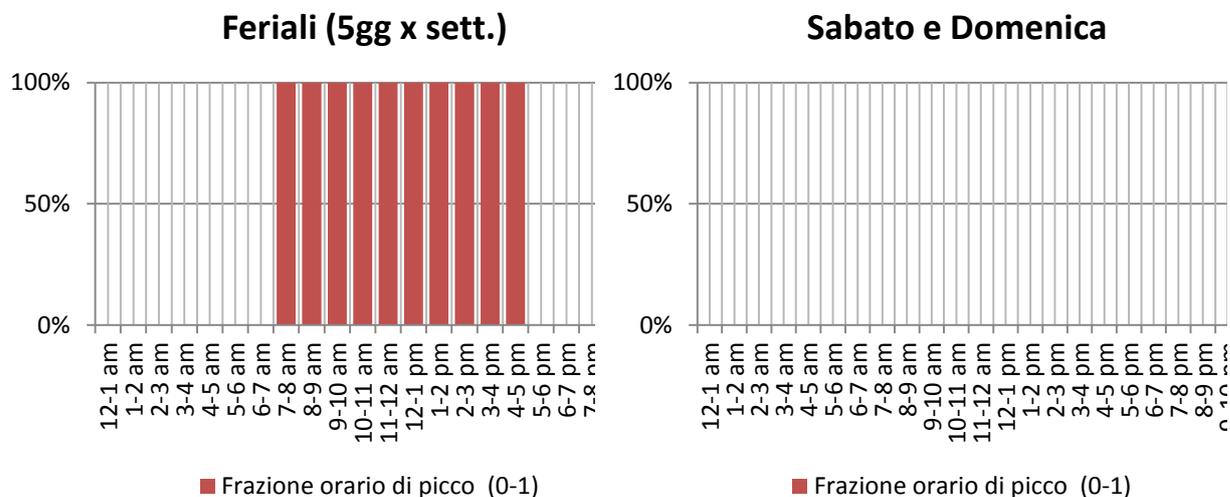
Non sono presenti termostati di zona all'interno delle zone riscaldate e i radiatori sono sprovvisti di valvole termostatiche.

Figura 4.7 – Sistema di telegestione



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento dell'impianto di riscaldamento. Si sottolinea che il profilo è ipotizzato poiché non è stato possibile verificare le impostazioni in sede di sopralluogo.

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per l'edificio



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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola e palestra	Climatica	77,1%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Due circuiti diretti di collegamento tra la caldaia e i terminali di emissione. In sede di sopralluogo non è stato possibile definire le zone servite dai diversi circuiti, in base alla potenza dei circolatori si ipotizza che il circuito 1 serva la palestra mentre il circuito 2 la scuola. Sul primo circuito è installata una elettropompa gemellare sul collettore di ritorno; il secondo circuito è costituito da due elettropompe singole funzionanti una di scorta all'altra sul collettore di mandata. La distribuzione alle utenze è presumibilmente di tipo verticale a colonne montanti. In entrambi i casi le pompe lavorano in parallelo e non sono dotate di inverter.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti di distribuzione

NOME		SERVIZIO	PORTATA ⁽⁶⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁶⁾ [kW]
Circuito 1	EG01	mandata acqua calda ai radiatori	6,6	3,95	0,185
Circuito 2	ES02	mandata acqua calda ai radiatori	33,2	4,26	0,880
Circuito 2	ES03	mandata acqua calda ai radiatori	33,2	4,26	0,880
TOTALE					1,95

Nota (6): Valori ricavati da checklist termica e schede tecniche

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

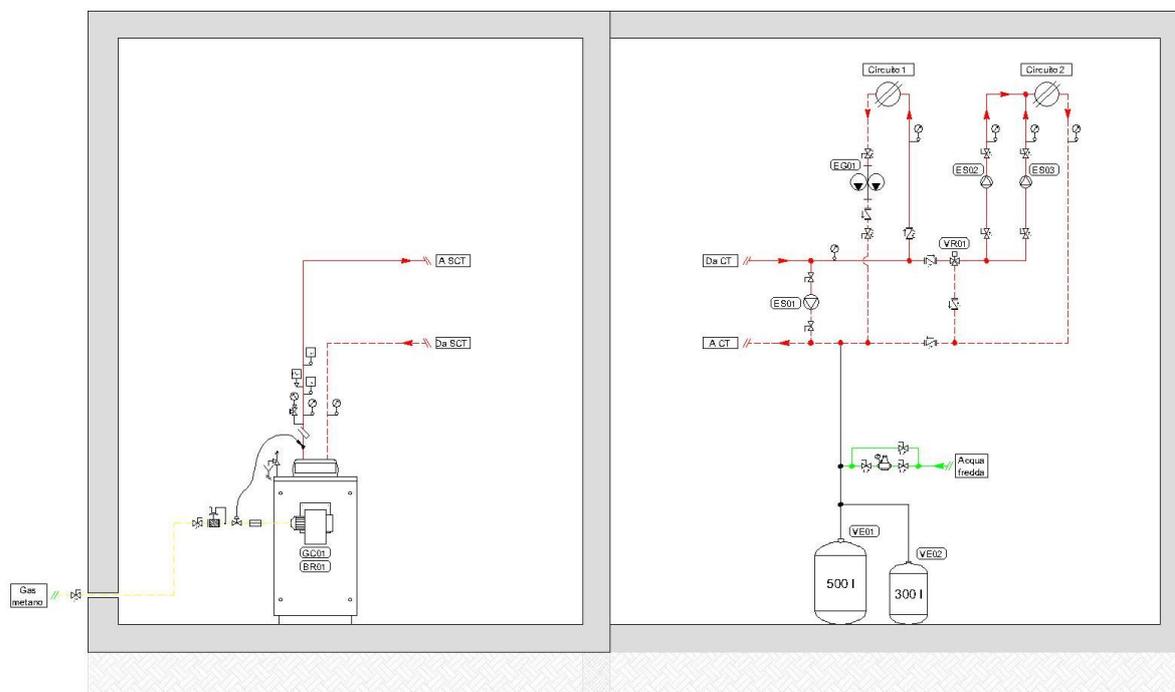
La differenza fra temperature rilevate e temperature di calcolo, riportate nella tabella seguente, dipende dalla presenza della regolazione di caldaia mediante curva climatica e sonda esterna di temperatura. Le condizioni di progetto, a cui fa riferimento la temperatura di calcolo, sono relative ad una temperatura esterna di 0°C.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del generatore

CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁷⁾	TEMPERATURA CALCOLO
		°C	°C
Mandata	Caldo	60	70
Ritorno	Caldo	45	50

Nota (7): Valori rilevati il giorno 14/12/2017 alle ore 13.00, con una temperatura esterna di circa 15°C

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 149-S05-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 91% come da modello termico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le 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 della marca Baltur modello STAR TRE 400, con bruciatore della stessa marca modello TBG 45P-V installato nel 2014 e posizionato in Centrale Termica.

Figura 4.10 - Posizione della Centrale Termica



Figura 4.11 - Particolare della caldaia



Le caratteristiche del sistema di generazione sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	Baltur	STAR TRE 400	2014	420	400	95,2%	-
Bruciatore	Baltur	TBG 45P-V	2014		100-450		0,69

Nota (8) Valori ricavati da scheda tecnica

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 89,9%. %, così come ricavato da modellazione energetica mediante software certificato Edilclima. Non si riesce a confrontarlo con quello ricavato dall’ultima prova fumi, in quanto non è stato possibile reperire il libretto di centrale.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è dovuto al solo utilizzo nei bagni.

La produzione di ACS nella scuola è presente solo in uno dei bagni al piano S1 e avviene per mezzo di un boiler elettrico di marca Ariston con accumulo integrato di 30 lt e potenza elettrica 1200W.

La produzione di ACS per la palestra avviene per mezzo di un analogo boiler elettrico con capacità di accumulo di 49 lt, posizionato nei bagni della palestra al piano S4. Si sottolinea che il boiler risultava staccato durante la visita di rilievo.

Figura 4.12 - Particolare del boiler di ACS della palestra



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92,6%	-	-	75%	28,7%

Nota (9) Valori ricavati da modello energetico

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali PC, LIM (Lavagna Interattiva Multimediale), fotocopiatrici e distributori bevande.

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

Nella scuola è presente anche un ascensore, i cui consumi sono stati valutati all’interno del modello energetico come previsto dalle norme.

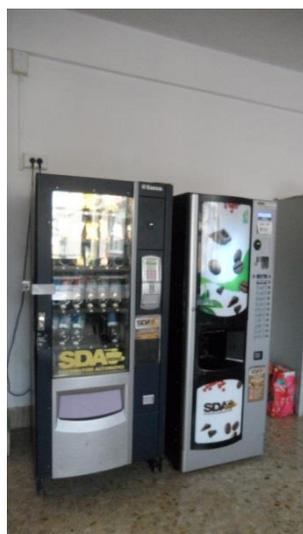
Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Scuola	PC	35	100	3500	320
Scuola	LIM	4	290	1160	240
Scuola	Fotocopiatrici	2	600	1200	160
Scuola	distributori bevande	2	350	700	8760
Scuola	ascensore	1			

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

- Censimento di tutte le apparecchiature elettriche presenti nell'edificio eseguito secondo le seguenti modalità:
 - Rilievo dei dati di targa dove presenti
 - Rilievo delle tipologie di apparecchi e ricerca delle potenze commerciali di apparecchi con caratteristiche simili
 - Intervista al personale sugli effettivi tempi di utilizzo di ciascun apparecchio

Figura 4.13 – Alcune apparecchiature elettriche



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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti tipo neon con essenzialmente due tipi diversi di plafoniere. Le potenze installate sono diverse in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, nelle aule e nei bagni;
- Lampade di emergenza installate in tutto l’edificio.
- Proiettori installati nella palestra.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Scuola	Circoline	5	36	180
Palestra	Faro alogeno	4	200	800
Scuola	Fluorescente T8 1x18	44	18	792
Scuola	Fluorescente T8 1x36	46	36	1656
Scuola	Fluorescente T8 2x36	134	36	9648

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.

Durante la fase di sopralluogo è stato comunicato dal personale che i piani S2 ed S3 sono utilizzati prevalentemente come archivi e depositi, per cui l’accensione delle lampade è contenuta durante l’anno.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano. Fino a metà del 2014 il vettore utilizzato era 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]
Metano	n/a	n/a	9,94 ⁽¹⁰⁾	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 ^(*)	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (10) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore al servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti dell'intero edificio;

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		Lt gasolio Sm ³ metano	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270050359925	Riscaldamento (SIE3)	13551/ 7628*	21.848	17.657	208.579	205.805	166.329

*Nel 2014 è stato effettuato il passaggio da gasolio a metano

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

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

Relativamente al PDR in oggetto, essendo parte del contratto di fornitura e manutenzione (SIE3), non è stato possibile analizzare le singole fatturazioni, pertanto si è provveduto a ridistribuire i consumi mensilmente in funzione dell'effettivo funzionamento stagionale dell'impianto e dei Gradi Giorno reali.

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

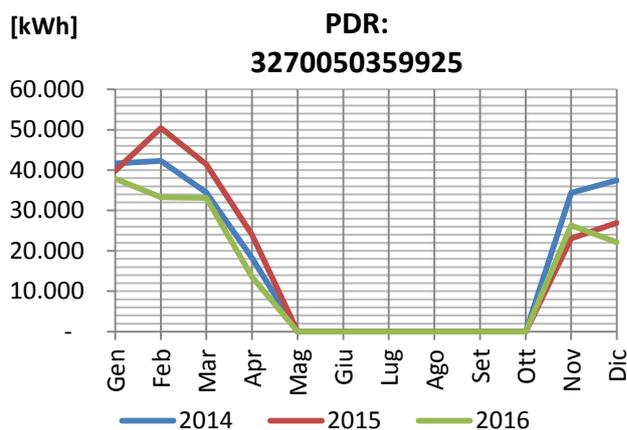
*CT a gasolio - Consumi in litri per il 2014

**kWh ottenuti con fattore di conversione del gasolio (gen-apr 2014)

PDR 1: 3270050365783	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh] **	[kWh]	[kWh]
Gen*	4.129	4.227	4.018	41.660	39.819	37.853
Feb*	4.194	5.353	3.535	42.320	50.428	33.296
Mar*	3.417	4.401	3.516	34.478	41.461	33.120
Apr*	1.810	2.555	1.441	18.265	24.068	13.578
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	3.650	2.450	2.795	34.380	23.076	26.331
Dic	3.978	2.861	2.352	37.475	26.955	22.152
Totale	21.179	21.848	17.657	208.579	205.808	166.329

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo mensile pari a 18.265 kWh, e un valore di massimo prelievo mensile pari a 50.428 kWh. I consumi mensili maggiori si sono registrati nel primo quadrimestre del 2015, con picchi al ribasso nel 2016.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{reali} del triennio di riferimento si può notare che il 2015 ha visto un aumento dei consumi di gas nonostante la riduzione dei GG reali.

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

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

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

Dove:

$GG_{real,i}$ = Gradi giorno valutati considerando le temperature esterne reali, nell'anno *i-esimo*, così come definiti al Capitolo 0;

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:

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi del PDR2 nel triennio di riferimento;

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

Questi ultimi due contributi sono nulli in quanto l'ACS è prodotta con boiler elettrici e non ci sono altri utilizzi di gas metano.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU [111] GIORNI	GG _{RIF} SU [111] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [924] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.192	924	-	208.579	175,0	161.751	-	-
2015	1.141	924	21.848	205.808	180,4	166.759	-	-
2016	1.230	924	17.657	166.329	135,2	124.996	-	-
Media	1.187	924	19.753	193.572	163,0	150.666	-	-

Come si può notare dai dati riportati, il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi per gli usi di riscaldamento. Il calo più consistente si è avuto nel 2016, probabilmente dovuto allo spegnimento degli aerotermini della palestra, che, come comunicato in sede di sopralluogo, non sono stati utilizzati. Il maggiore consumo del 2014 è invece dovuto all'utilizzo di gasolio nei primi mesi dell'anno.

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}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	150.666
$Q_{baseline}$	150.666

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore al servizio dei seguenti utilizzi:

- Linea luci, caldaia e circolatori, luci di emergenza, ascensore e linea prese dell'intera scuola.

L'effettiva ubicazione del contatore 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 sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00098033	Scuola e Palestra	19.198	21.159	20.372	20.243
TOTALE		19.198	21.159	20.372	EEbaseline [20.243]

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E1640 e sono emerse le seguenti differenze:

	2014	2015	2016
Consumi file Kyoto Baseline [kWh]	19198	21816	21595
Consumi da analisi fatture [kWh]	19198	21159	20372
Scostamento	0%	-3%	-6%

Poiché lo scostamento non è sostanziale, si è proceduto ad utilizzare i valori derivanti dall'analisi delle singole fatturazioni.

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 20.243 kWh/anno.

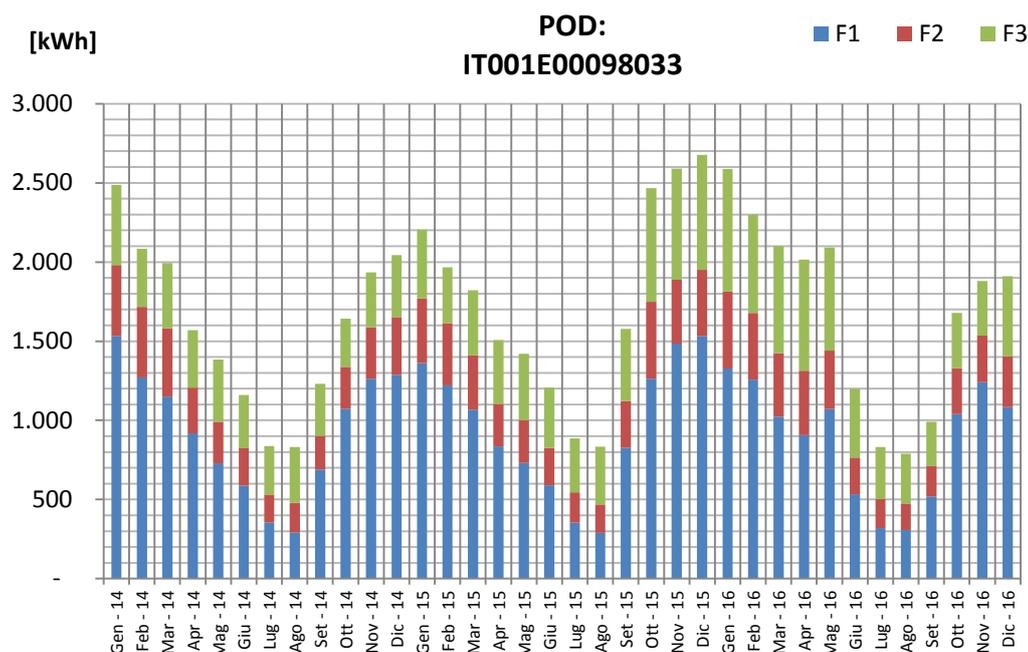
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00098033	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.534	448	505	2.487
Feb - 14	1.272	444	367	2.083

Mar - 14	1.150	431	413	1.994
Apr - 14	919	288	362	1.569
Mag - 14	729	261	395	1.385
Giu - 14	588	236	336	1.160
Lug - 14	353	178	307	838
Ago - 14	291	188	353	832
Set - 14	688	215	327	1.230
Ott - 14	1.073	265	305	1.643
Nov - 14	1.263	325	346	1.934
Dic - 14	1.288	365	390	2.043
Totale	11.148	3.644	4.406	19.198
POD: IT001E00098033	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.361	411	433	2.205
Feb - 15	1.221	392	354	1.967
Mar - 15	1.067	344	411	1.822
Apr - 15	836	267	405	1.508
Mag - 15	730	271	419	1.420
Giu - 15	589	237	380	1.206
Lug - 15	353	193	341	887
Ago - 15	290	178	365	833
Set - 15	827	294	457	1.578
Ott - 15	1.263	486	718	2.467
Nov - 15	1.484	404	702	2.590
Dic - 15	1.533	418	725	2.676
Totale	11.554	3.895	5.710	21.159
POD: IT001E00098033	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.327	487	773	2.587
Feb - 16	1.257	421	621	2.299
Mar - 16	1.024	401	677	2.102
Apr - 16	907	406	702	2.015
Mag - 16	1.071	369	651	2.091
Giu - 16	534	231	433	1.198
Lug - 16	319	184	329	832
Ago - 16	307	167	316	790
Set - 16	518	193	279	990
Ott - 16	1.040	289	349	1.678
Nov - 16	1.240	295	345	1.880
Dic - 16	1.083	322	505	1.910
Totale	10.627	3.765	5.980	20.372

Considerando la suddivisione in Fasce del contratto di energia elettrica, si riporta nella Figura 5.2 un confronto grafico tra i consumi reali relativi a ciascuna fascia per il triennio di riferimento.

Figura 5.2 – Andamento dei consumi reali suddivisi in fasce per il triennio



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

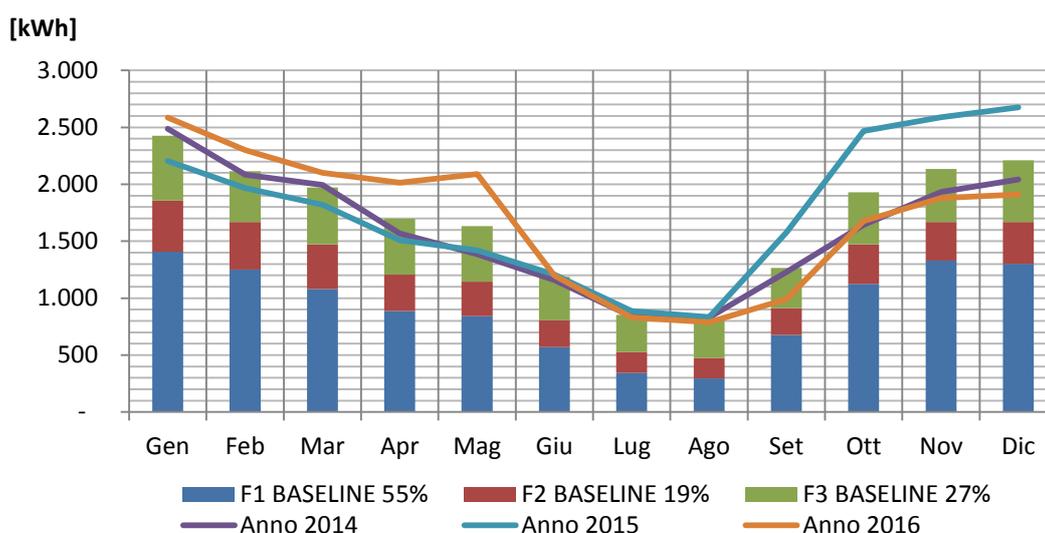
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.407	449	570	2.426
Febbraio	1.250	419	447	2.116
Marzo	1.080	392	500	1.973
Aprile	887	320	490	1.697
Maggio	843	300	488	1.632
Giugno	570	235	383	1.188
Luglio	342	185	326	852
Agosto	296	178	345	818
Settembre	678	234	354	1.266
Ottobre	1.125	347	457	1.929
Novembre	1.329	341	464	2.135
Dicembre	1.301	368	540	2.210
Totale	11.110	3.768	5.365	20.243

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

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



I profili di prelievo medi mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti lineari in funzione dell'utilizzo dei servizi elettrici della struttura. I mesi freddi infatti registrano consumi maggiori dovuti agli ausiliari per il riscaldamento, mentre luglio e agosto fanno registrare pochi consumi in accordo con la chiusura della struttura. Considerando l'andamento dei singoli anni, si nota come il 2016 abbia registrato, nella prima metà dell'anno, maggiori consumi rispetto agli anni precedenti, così come il 2015 negli ultimi mesi dell'anno.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

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

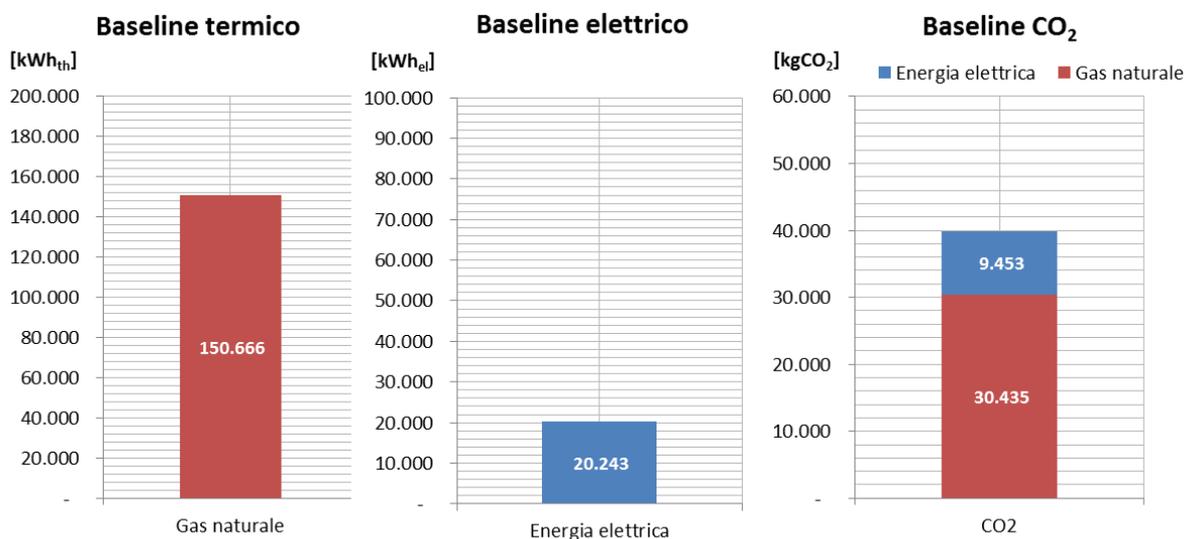
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

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

[Energia elettrica]	20.243	* 0,467	9,45
[Gas naturale]	150.666	* 0,202	30,43
Totale			39,89

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


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

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

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.347	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.417	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	9.377	m ³

Nella Tabella 5.13 e

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

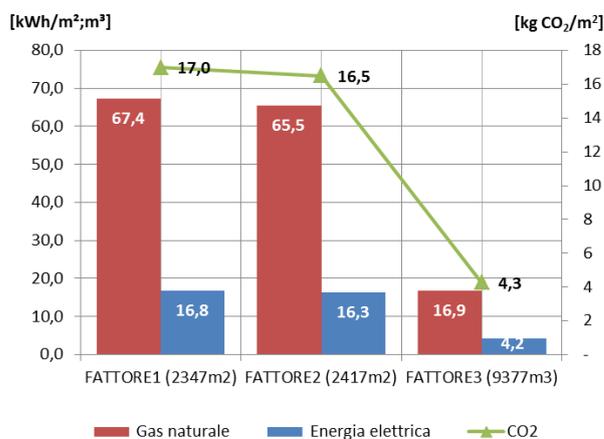
Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3

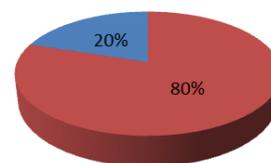
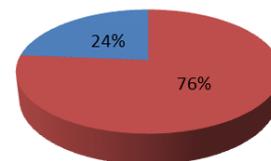
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	150.666	1,05	158.199	67,4	65,5	16,9	12,97	12,59	3,25
Energia elettrica	20.243	2,42	48.988	20,9	20,3	5,2	4,03	3,91	1,01
TOTALE			207.187	88	86	22	17	17	4

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	150.666	1,05	158.199	67,4	65,5	16,9	12,97	12,59	3,25
Energia elettrica	20.243	1,95	39.474	16,8	16,3	4,2	4,03	3,91	1,01
TOTALE			197.673	84	82	21	17	17	4

 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

Ripartizione % energia primaria


 Ripartizione % emissioni CO₂


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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	15,6	15,4	12,5	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	8,1	9,0	8,6
	Insufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo risultati positivi riguardo ai consumi termici, che classificano l'edificio come Insufficiente nel 2014 e Sufficiente nei due ultimi anni considerati.

L'IEN elettrico della scuola in oggetto presenta valori che inseriscono la scuola in una classe di merito SUFFICIENTE.

Per la sintesi ed il confronto di tutti gli indicatori di performance energetici ed ambientali degli edifici del Lotto 1, si rimanda all'Errore. **L'origine riferimento non è stata trovata.** 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	142,20	135,31
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	108,91	108,49
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,16	0,93
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	31,33	25,24
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,80	0,65
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	28	

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
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	24.012 Nmc	250.610
Energia Elettrica	34.374 kWhel	67.030

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve, el} + E_{aux, e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L, int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c, aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(11)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(11)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (11) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor mediante la costruzione di un modello elettrico elaborato a partire dalla potenza degli apparecchi e dalla stima del loro effettivo utilizzo

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 la specifica destinazione d’uso, le effettive ore di apertura e utilizzo della struttura, nonché gli effettivi giorni di funzionamento dell’impianto termico.

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	88,31
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	69,40

Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,16	0,93
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	16,95	13,66
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,80	0,65
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	17	

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[Nmc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	15.295	152.034
Energia Elettrica		20.801

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]	[%]
152.034	150.666	1%

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]	[%]
20.801	20.243	3%

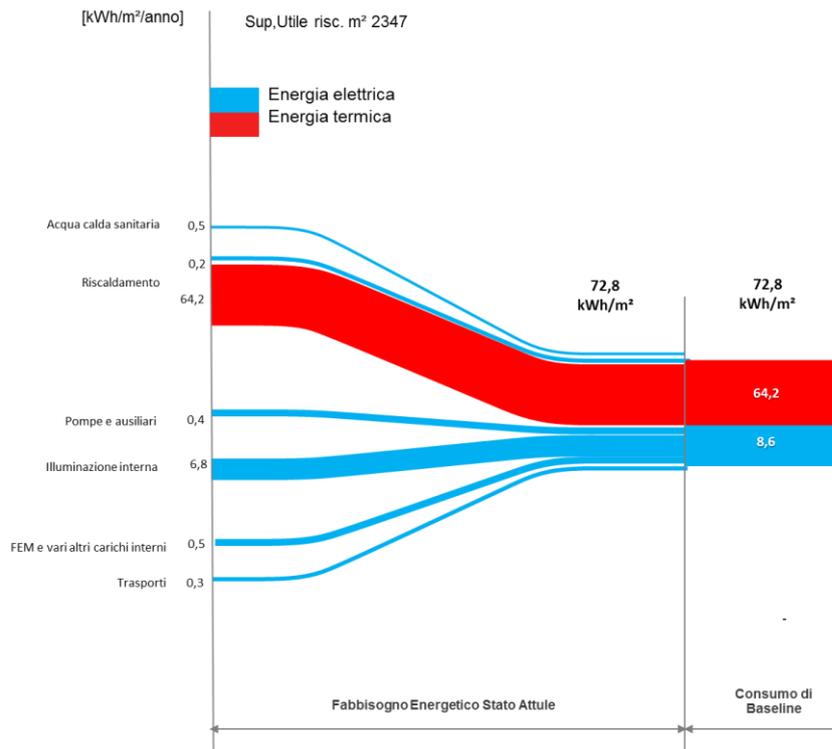
Dall’analisi effettuata è emerso che il modello risulta validato.

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.

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.

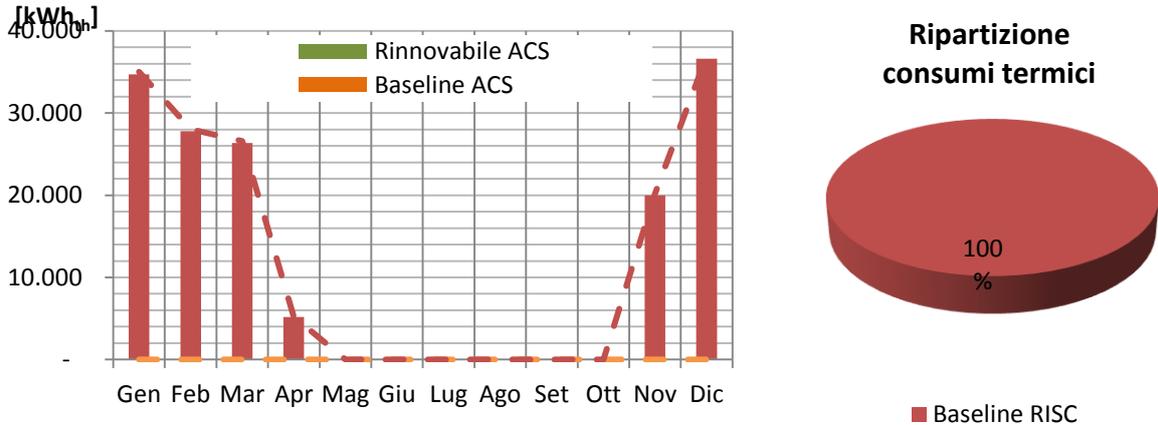
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che i consumi termici sono imputabili esclusivamente a esigenze di riscaldamento. I consumi elettrici sono invece maggiormente dovuti all’illuminazione, agli ausiliari del riscaldamento e alle varie apparecchiature elettriche presenti nella scuola, che nel grafico sono incluse all’interno della voce “FEM e altri carichi interni”. Per il dettaglio del calcolo di tale quota si veda il file Grafici Template nell’Allegato B – Elaborati.

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 che si otterrebbe tramite la normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l’utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1.

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

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



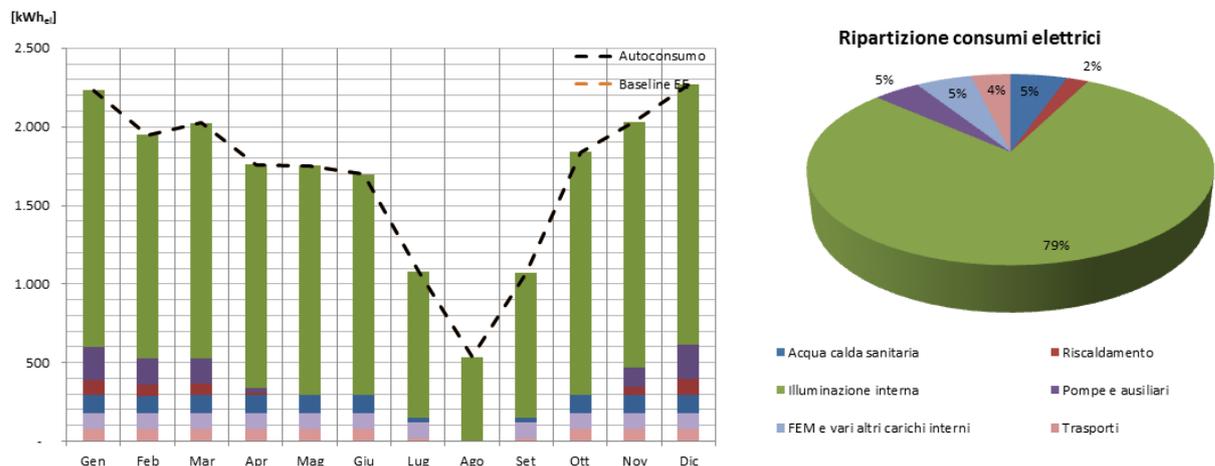
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali della scuola, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'impianto di illuminazione, seguito dalle apparecchiature elettriche interne e gli ausiliari del riscaldamento, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un PDR presente all'esterno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR – 3270050359925: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. Non essendo disponibile la fatturazione, per la valutazione e ripartizione delle spese imputabili alla fornitura del vettore energetico, è stato considerato il costo unitario del gas metano definito dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per i trimestri e gli anni corrispondenti.

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

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

PDR : 3270050359925	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	SIE3	SIE3	SIE3
Società di fornitura	n/d	n/d	n/d
Inizio periodo fornitura	n/d	n/d	n/d
Fine periodo fornitura	n/d	n/d	n/d
Classe del contatore	n/d	n/d	n/d
Tipologia di contratto	nd	n/d	n/d
Opzione tariffaria ⁽¹²⁾	nd	nd	SIE3
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	n/d	n/d	n/d
Potere calorifico inferiore convenzionale	10,09 kWh/lt	9,42 kWh/Smc	9,42 kWh/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile ⁽¹²⁾ (IVA INCLUSA)	0,62 €/lt gasolio 0,33 €/Smc	0,31 €/Smc	0,24 €/Smc

Nota (12): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che nell'ultimo anno considerato il prezzo del vettore energetico è diminuito rispetto agli anni precedenti.

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

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

PDR: 3270050359925	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	2.543	-	-	1.664	926	5.133	41.660	0,123
Feb - 14	2.584	-	-	1.690	940	5.214	42.320	0,123
Mar - 14	2.105	-	-	1.377	766	4.248	34.478	0,123

Apr - 14	1.115	-	-	730	406	2.250	18.265	0,123
Mag - 14						-	-	-
Giu - 14						-	-	-
Lug - 14						-	-	-
Ago - 14						-	-	-
Set - 14						-	-	-
Ott - 14						-	-	-
Nov - 14	1.218	57	437	94	397	2.204	34.380	0,064
Dic - 14	1.328	62	476	103	433	2.403	37.475	0,064
Totale	10.894	119	914	5.658	3.869	21.453	208.579	0,103
PDR: 3270050359925	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	1.403	68	524	109	463	2.566	39.819	0,064
Feb - 15	1.777	86	663	138	586	3.250	50.428	0,064
Mar - 15	1.461	71	545	114	482	2.672	41.461	0,064
Apr - 15	770	41	323	66	264	1.465	24.068	0,061
Mag - 15						-	-	-
Giu - 15						-	-	-
Lug - 15						-	-	-
Ago - 15						-	-	-
Set - 15						-	-	-
Ott - 15						-	-	-
Nov - 15	735	39	337	63	258	1.433	23.076	0,062
Dic - 15	858	46	394	74	302	1.674	26.955	0,062
Totale	7.004	351	2.786	564	2.355	13.061	205.808	0,063
PDR: 3270050359925	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	1.123	97	549	104	412	2.284	37.853	0,060
Feb - 16	987	85	483	91	362	2.009	33.296	0,060
Mar - 16	982	85	480	91	360	1.998	33.120	0,060
Apr - 16	317	35	190	37	127	707	13.578	0,052
Mag - 16						-	-	-
Giu - 16						-	-	-
Lug - 16						-	-	-
Ago - 16						-	-	-
Set - 16						-	-	-
Ott - 16						-	-	-
Nov - 16	642	68	373	72	254	1.408	26.331	0,053
Dic - 16	540	57	314	61	214	1.185	22.152	0,053
Totale	4.591	426	2.388	456	1.729	9.591	166.329	0,058

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

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

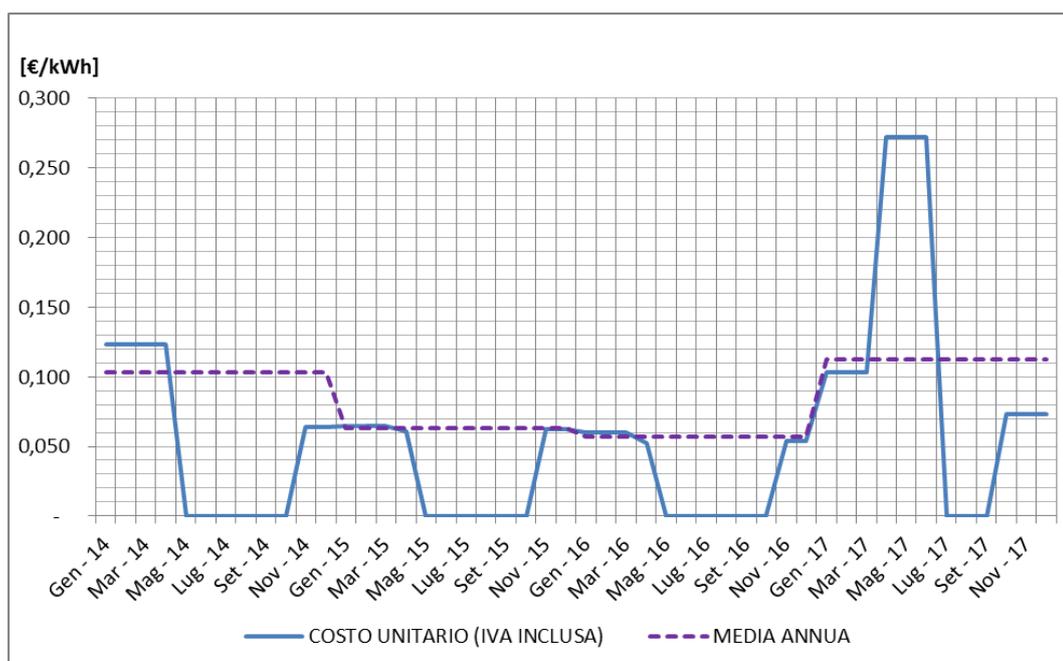
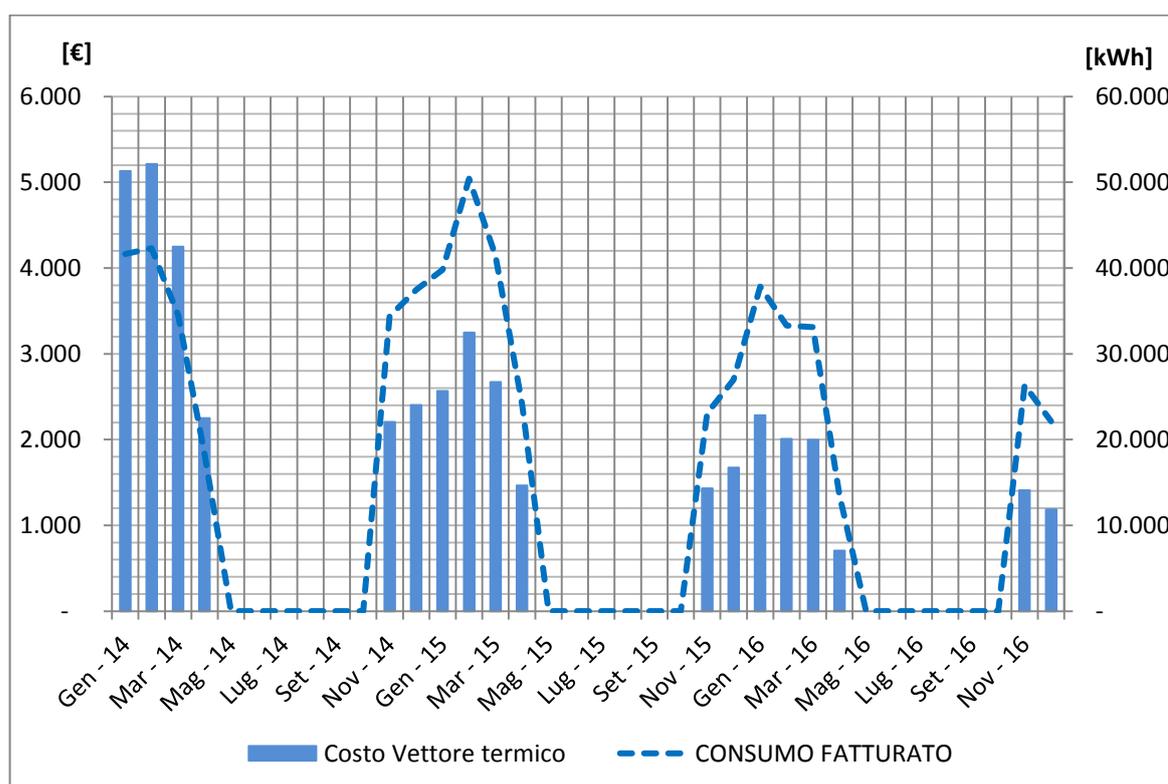


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è in progressiva diminuzione e che i consumi tendenzialmente sono proporzionali ai costi.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD – IT001E00098033: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E’ stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD:IT001E00098033	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison / GALA spa (da aprile)	GALA SPA / IREN
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	31/03/2016	In corso
Potenza elettrica impegnata	28 kW	25 kW	25 kW
Potenza elettrica disponibile	28 kW	28 kW	28 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	Forniture in BT
Opzione tariffaria ⁽¹³⁾	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce
Prezzi del forniture dell'energia elettrica (IVA esclusa) ⁽¹⁴⁾	0,075 €/kWh	0,048 €/kWh	0,062 €/kWh

Nota (13) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (14): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il costo unitario di fornitura del vettore energetico si è abbassato rispetto al 2014, ma ha avuto un rialzo nel 2016 con l'ultimo fornitore.

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

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

POD: IT001E00098033	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	192	79	232	10	51	564	2.487	0,227
Feb - 14	161	79	198	26	46	510	2.083	0,245
Mar - 14	153	80	183	25	44	485	1.994	0,243
Apr - 14	120	79	154	20	37	410	1.569	0,261
Mag - 14	104	39	173	17	33	366	1.385	0,264
Giu - 14	86	30	110	15	24	264	1.160	0,228
Lug - 14	61	79	80	10	23	254	838	0,303
Ago - 14	59	80	78	10	23	251	832	0,302
Set - 14	92	81	115	15	30	334	1.230	0,271
Ott - 14	125	78	161	21	39	424	1.643	0,258
Nov - 14	146	77	194	24	44	486	1.934	0,251
Dic - 14	150	78	204	26	46	503	2.043	0,246
Totale	1.449	859	1.884	219	441	4.852	19.198	0,253
POD: IT001E00098033	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	156	81	200	28	46	511	2.205	0,232
Feb - 15	133	81	177	25	42	457	1.967	0,232
Mar - 15	117	80	166	23	38	423	1.822	0,232
Apr - 15	70	41	136	19	27	292	1.508	0,194
Mag - 15	64	41	128	18	25	275	1.420	0,194
Giu - 15	53	35	108	15	21	232	1.206	0,193
Lug - 15	38	19	80	11	15	163	887	0,184
Ago - 15	35	19	75	10	14	154	833	0,185
Set - 15	60	38	143	20	26	287	1.578	0,182

E1640 – Scuola media “Aldo Gastaldi”

Ott - 15	91	47	228	31	40	436	2.467	0,177
Nov - 15	95	55	238	32	42	463	2.590	0,179
Dic - 15	96	55	246	33	43	473	2.676	0,177
Totale	1.007	592	1.924	265	379	4.166	21.159	0,197
POD: IT001E00098033	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	144	45	229	32	45	495	2.587	0,191
Feb - 16	99	45	204	29	38	413	2.299	0,180
Mar - 16	84	77	187	26	37	411	2.102	0,196
Apr - 16	110	83	149	25	37	403	2.015	0,200
Mag - 16	114	86	155	26	38	419	2.091	0,200
Giu - 16	70	76	94	15	26	281	1.198	0,234
Lug - 16	59	73	69	10	21	232	832	0,279
Ago - 16	51	72	66	10	20	219	790	0,277
Set - 16	68	74	78	12	23	256	990	0,258
Ott - 16	134	81	127	21	36	399	1.678	0,238
Nov - 16	163	83	141	24	41	452	1.880	0,240
Dic - 16	159	83	143	24	41	449	1.910	0,235
Totale	1.254	878	1.640	255	403	4.429	20.372	0,217

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'ARERA.

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

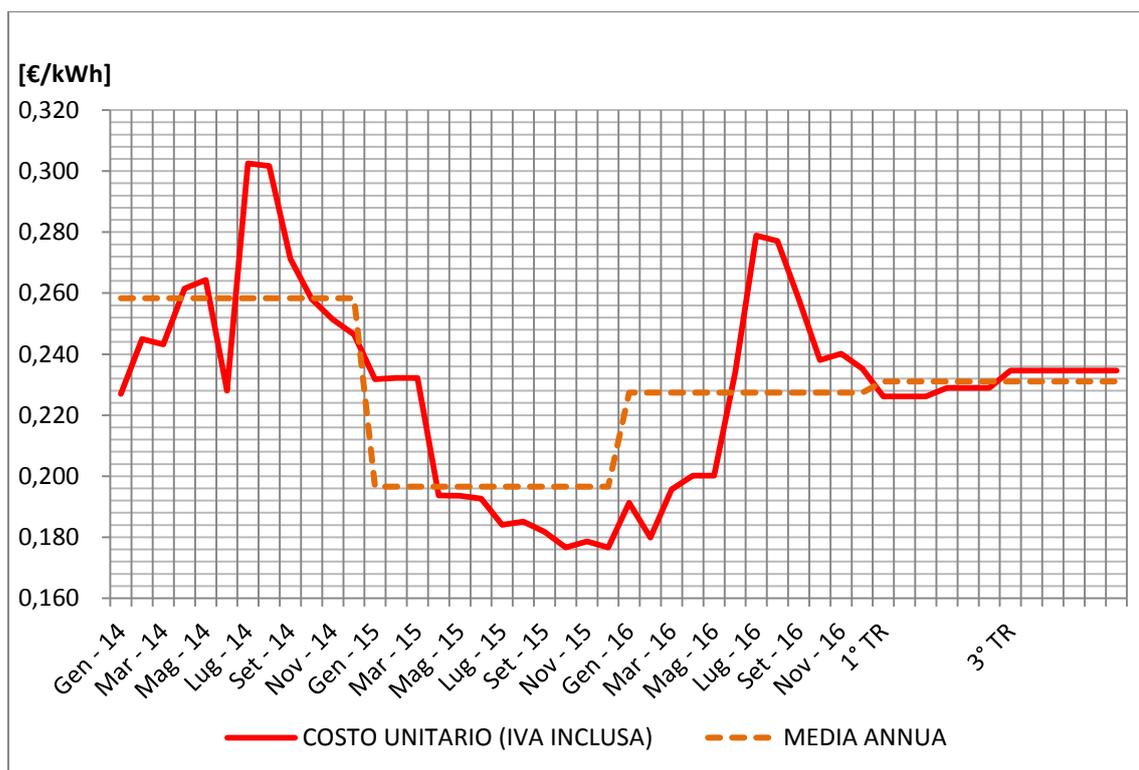
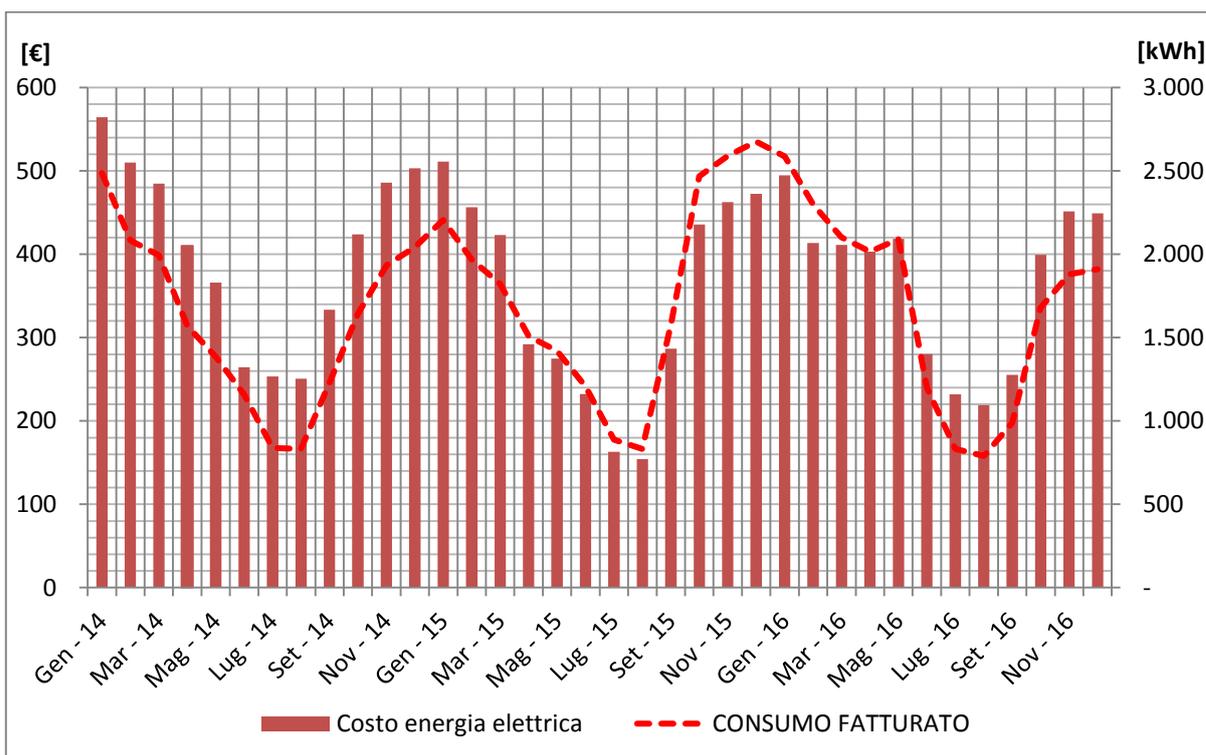


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi medi è in lieve diminuzione negli anni, con un rialzo sui costi unitari del 2017, mentre l’edificio in oggetto presenta costi mensili unitari più alti nei mesi estivi, dovuto ai costi fissi in bolletta che si mantengono costanti anche con pochi consumi registrati.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	208579	€ 21.453	€ 0,10	19198	4.852	0,25	€ 26.305,51
2015	205808	€ 13.061	€ 0,06	21159	4.166	0,20	€ 17.226,41
2016	166329	€ 9.591	€ 0,06	20372	4.429	0,22	€ 14.019,75
Media	193572	€ 14.702	€ 0,08	20243	4482	0,22	€ 19.183,89

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono assunti i valori riportati nella Tabella 7.6, ricavati nel seguente modo:

- Il costo unitario del gas naturale 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 per la Regione Liguria, riferiti ai “condomini uso domestico”.
Cu_Q è stato ottenuto apportando una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela, in funzione del consumo annuo e della classe del

contatore per i PDR in esame, ciò al fine di riportare tali valori a condizioni similari a quelle del mercato libero a cui aderisce la Pubblica Amministrazione.

- 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 C_{UE} 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 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo al 2017 -5%	C_{UQ} 0,098	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo al 2017 -5%	C_{UE} 0,231	[€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-149: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 15.447 € + IVA comprensivo del costo di fornitura del vettore energetico relativo al PDR.

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

$$C_M = C_{SIE3} - C_Q = 18.846 \text{ €} - 14.745 \text{ €} = 4.101 \text{ €}$$

dove:

- C_Q è il costo annuo del vettore energetico per il 2016 ricavato dalla Tabella 7.2 per il PDR1;
- C_{SIE3} è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E1640 per il PDR1

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	3.239 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa agli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	861 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

I costi unitari dei vettori energetici precedentemente individuati, devono essere moltiplicati per i consumi normalizzati di baseline al fine di definire la baseline dei costi energetici, che verrà utilizzata per la definizione dei risparmi economici conseguibili a seguito della realizzazione delle EEM proposte.

La Baseline dei Costi è quindi definita come la somma della componente di costo di riferimento per la fornitura dei vettori energetici pre-intervento e la componente di costo di riferimento per la gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria pre-intervento.

Per la componente energetica vale la seguente formula:

$$C_E = Q_{baseline} \times Cu_Q + EE_{baseline} \times Cu_{EE}$$

La Baseline dei Costi per il sistema edificio/impianti pre-intervento è pertanto uguale a:

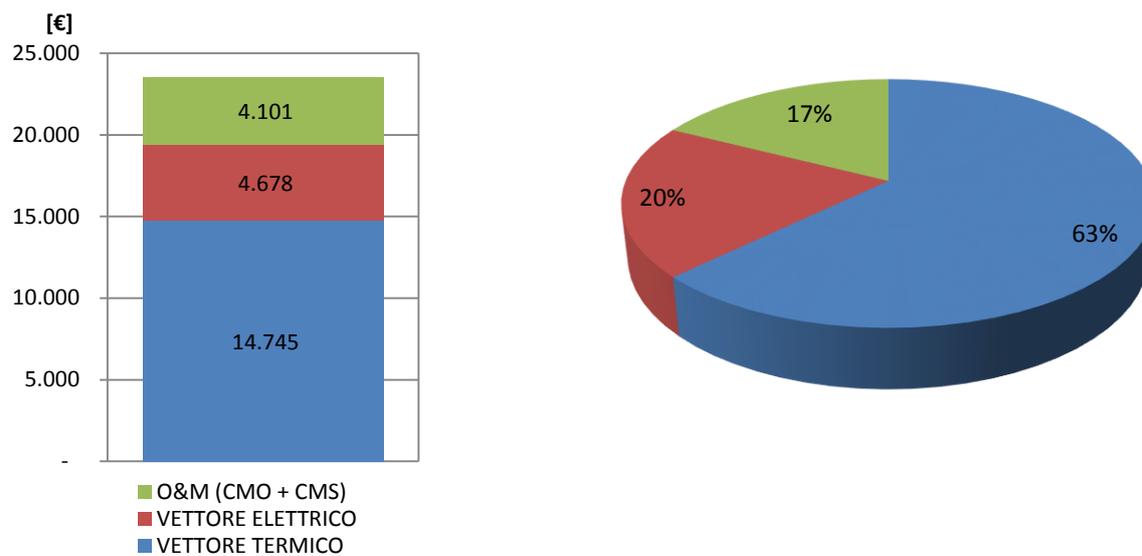
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 19.423 e un $C_{baseline}$ pari a € 23.524.

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline (IVA inclusa)

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ + CEE + CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
150.666	0,098	14.745	20.243	0,231	4.678	4.101	3.239	861	23.524

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 del sottotetto

Generalità

L'ultimo piano riscaldato tende a disperdere calore verso l'alto nel sottotetto e, se non trova sulla soletta una barriera, facilita lo scambio termico con il sottotetto freddo. La misura prevede quindi la coibentazione del soffitto dell'ultimo piano riscaldato, sull'intradosso del solaio. Nel caso dell'edificio oggetto di diagnosi, gran parte del sottotetto è non praticabile con solo una piccola quota rialzata che ospita un vano tecnico per le cisterne d'acqua. L'intervento prevede la posa di isolante per insufflaggio, aggiungendo un piano di posa calpestabile per il vano tecnico. La finalità dell'intervento è di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali sottostanti.

Figura 8.1 – Particolare sottotetto coibentato con insufflaggio



Caratteristiche funzionali e tecniche

Grazie alla tecnica dell'insufflaggio, praticando dei fori nel solaio interpiano o nella copertura, è possibile isolare termo-acusticamente mediante fiocchi in lana di vetro, fibra di cellulosa o perlite, quei locali sottotetto non abitabili di difficile accesso. Prevede l'utilizzo di un apposito macchinario che «spruzza» l'isolante in formato granulare. La soluzione consente di migliorare il comfort dell'ultimo piano sia in inverno che in estate con costi contenuti, garantendo una protezione dal freddo in inverno e uno smorzamento dell'onda termica in estate.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico.

Descrizione dei lavori

Ispezionare il solaio per verificare che sia in buono stato e che non siano presenti tracce di umidità. Predisporre dei simboli per indicare la presenza di eventuali scatole elettriche, che non saranno più visibili una volta installato il prodotto. Delimitare l'area intorno alla botola di accesso al solaio. Utilizzare una macchina per insufflaggio compatibile con il tipo di isolante utilizzato.

Per la zona calpestabile si precede con la stesura di listelli in legno, l'isolante termico è poi spruzzato fra due listelli; sopra viene posto uno strato calpestabile e che funzioni da ripartitore di carichi (quindi sottofondo a secco o pannelli in legno OSB); tali elementi possono essere fissati ai travetti in legno tramite viti o chiodi.

Avvertenze generali. Il materiale isolante al momento della posa deve essere asciutto. Il lavoro deve essere svolto da personale tecnico specializzato che provveda alla raccolta di documentazione tecnica relativa al corretto impiego del materiale isolante attraverso la documentazione tecnica del produttore (es. etichetta marcatura CE, attestato di conformità).

Le verifiche importanti da svolgere sono visive durante la realizzazione dei lavori. Dal punto di vista strumentale, a lavori conclusi e in un periodo di condizionamento un'eventuale indagine termografica dall'interno può verificare la presenza e uniformità del materiale isolante e un'indagine di misura in opera della conduttanza può verificare il buon grado di isolamento della struttura.

Prestazioni raggiungibili

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

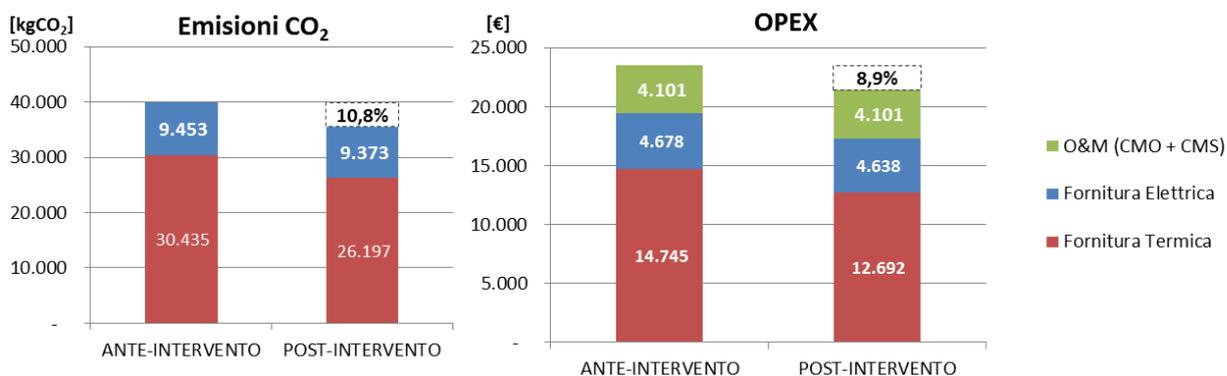
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione solaio sottotetto

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza solaio sottotetto]	[W/m ² K]	1,77	0,25	85,9%
Q _{teorico}	[kWh]	152.034	130.864	13,9%
EE _{teorico}	[kWh]	20.801	20.624	0,9%
Q _{baseline}	[kWh]	150.666	129.686	13,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	20.243	20.071	0,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.435	26.197	13,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.453	9.373	0,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.888	35.570	10,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.745	12.692	13,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.678	4.638	0,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.423	17.330	10,8%
C _{MO}	[€]	3.239	3.239	0,0%
C _{MS}	[€]	861	861	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.101	4.101	0,0%
OPEX	[€]	23.524	21.431	8,9%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

Nota (15) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



EEM2: Isolamento pareti con cappotto esterno

Generalità

La misura prevede l'isolamento delle pareti perimetrali esterne dell'edificio, il cosiddetto isolamento a “cappotto”, allo scopo di ridurre i flussi termici tra l'ambiente interno e l'esterno dell'edificio. Viene generalmente preferito all'isolamento termico interno in quanto permette di risolvere più facilmente i ponti termici presenti nella struttura ed evitare così la formazione di condense e muffe sulle pareti. Il “cappotto” è realizzabile quando si ha la possibilità di aumentare, verso l'esterno, lo spessore delle pareti (non si hanno vincoli di distanza né vincoli di natura architettonica o paesaggistica) e quando si ha uno spessore di muratura tale da generare abbastanza inerzia termica per garantire ottime prestazioni anche nel periodo estivo.

Nel caso di vincolo paesaggistico, l'intervento può essere comunque realizzato previa autorizzazione paesaggistica rilasciata dagli enti preposti.

L'isolamento termico esterno permette dunque di:

- migliorare il comfort interno sia in estate che in inverno
- garantire risparmi economici
- preservare la durata della struttura dell'edificio
- aumentare il valore dell'immobile
- contribuire al limitare le emissioni di gas ad effetto serra

Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede l'installazione di un cappotto esterno alle pareti verticali dell'edificio con l'applicazione di:

- uno strato isolante applicato con tasselli e malta collante ad elevato potere adesivo: gli isolanti impiegati possono essere di natura plastica, come ad esempio, polistirene estruso o polietilene, di natura minerale come lana di roccia o lana di vetro, o di natura organica come sughero o fibre vegetali; l'isolante impiegato deve avere un basso coefficiente di dilatazione al calore, buone caratteristiche di traspirabilità e una buona resistenza meccanica;
- un ciclo di rete e rasatura per cappotto come finitura esterna con intonachino colorato o successiva tinteggiatura finale.

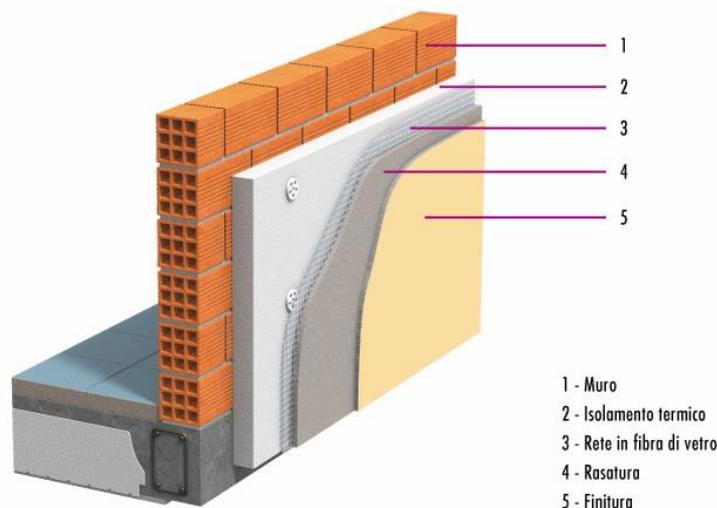
La valutazione delle migliorie ottenibili è stata effettuata considerando l'installazione di uno strato di materiale isolante esternamente alle murature esistenti, di spessore tale da rispondere positivamente alla verifica delle trasmittanze limite imposte dal Conto Termico 2.0.

Descrizione dei lavori

Il cappotto dovrà preservare l'estetica dell'edificio sia a livello delle proprie peculiarità architettoniche sia a livello di corretta integrazione con il contesto, specie se sottoposto a vincolo.

L'applicazione dei pannelli termoisolanti avverrà previa verifica e conseguimento dell'idoneità del sottofondo che dovrà essere ben asciutto, pulito, privo di polvere, senza umidità e sali, planare. Le parti ammalorate ed incoerenti dovranno essere bonificate con speciali malte di ripristino.

Figura 8.3 – Particolare composizione cappotto esterno



Si avrà cura di risvoltare il cappotto in corrispondenza delle rientranze degli infissi fino al massimo dell'accostamento consentito dal sistema-infisso al fine di ridurre al massimo i ponti termici.

I materiali dovranno essere dotati di apposita marcatura CE ed in generale i lavori dovranno essere eseguiti secondo le regole dell'arte e delle norme vigenti.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.4.

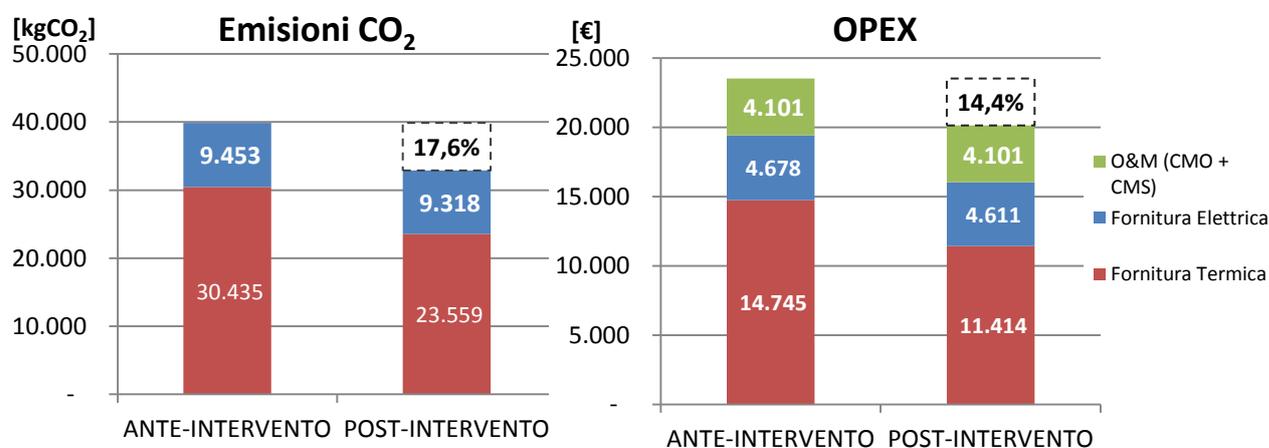
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Cappotto esterno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Trasmittanza parete esterna]	[W/m ² K]	0,8	0,2	75,0%
Q _{teorico}	[kWh]	152.034	117.690	22,6%
EE _{teorico}	[kWh]	20.801	20.503	1,4%
Q _{baseline}	[kWh]	150.666	116.631	22,6%
EE _{baseline}	[kWh]	20.243	19.953	1,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.435	23.559	22,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.453	9.318	1,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.888	32.878	17,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.745	11.414	22,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.678	4.611	1,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.423	16.025	17,5%
C _{MO}	[€]	3.239	3.239	0,0%
C _{MS}	[€]	861	861	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.101	4.101	0,0%
OPEX	[€]	23.524	20.126	14,4%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



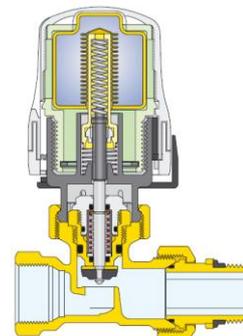
8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Installazione 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.



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 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 EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5.

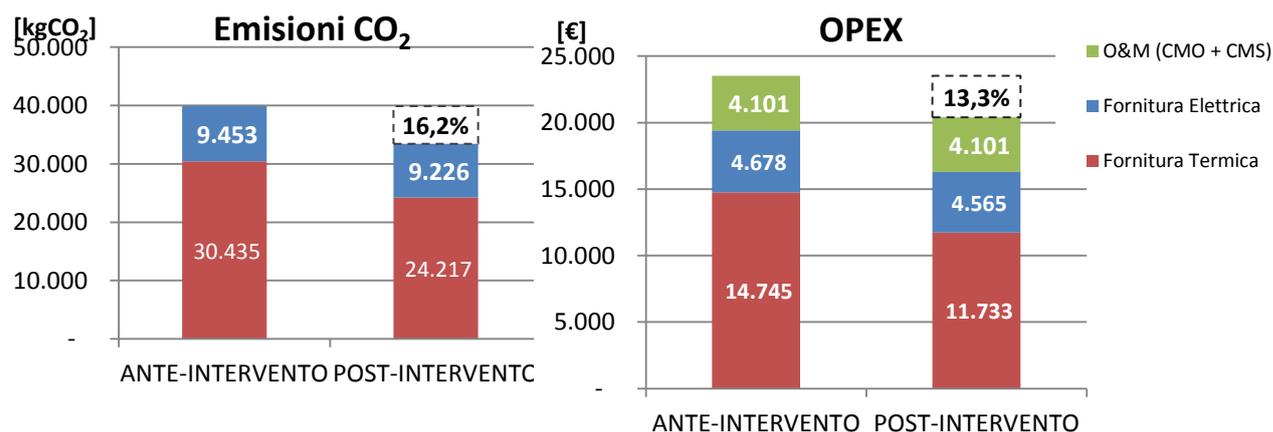
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 Rendimento di regolazione	[W/m ² K]	77	98	27,3%
Q _{teorico}	[kWh]	152.034	120.976	20,4%
EE _{teorico}	[kWh]	20.801	20.301	2,4%
Q _{baseline}	[kWh]	150.666	119.887	20,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	20.243	19.756	2,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.435	24.217	20,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.453	9.226	2,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.888	33.444	16,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.745	11.733	20,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.678	4.565	2,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.423	16.299	16,1%
C _{MO}	[€]	3.239	3.239	0,0%
C _{MS}	[€]	861	861	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.101	4.101	0,0%
OPEX	[€]	23.524	20.399	13,3%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Non sono previsti interventi sull’impianto di produzione ACS, composto da boiler elettrici. Azioni migliorative, come la produzione centralizzata con generatore dedicato, non sarebbero sostenibili dal

punto di vista economico in quanto si necessiterebbe di una cospicua quantità di opere edilizie e impiantistiche.

8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Non sono previsti interventi sugli impianti di ventilazione e climatizzazione estiva, in quanto non presenti nell'edificio.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

Figura 8.6 – Esempio comparativo lampade neon e LED

Generalità

Il presente intervento propone di sostituire le lampade fluorescenti installate sui corpi illuminanti all'interno dei locali con lampade a tecnologia LED di nuova generazione ad alta efficienza.

Dal punto di vista energetico, l'impiego di tubi LED può produrre una notevole riduzione dei consumi energetici in bolletta (dal 30% all'80%), dovuto ad una maggiore efficienza luminosa che permette di installare apparecchi con potenza dimezzata.

Altra caratteristica è la durabilità: una lampada LED può durare fino a 50.000 ore, contro le 10.000 ore di una lampada a neon, tagliando così i costi di sostituzione e senza costi di manutenzione ed allungando la vita utile.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I **tubi a neon** (o fluorescenti) sono costituiti da un tubo di vetro sigillato che contiene all'interno un gas nobile, il quale viene sollecitato grazie a due elettrodi posti alle due estremità, producendo radiazione luminosa. Per ottenere ciò è necessario uno starter e un reattore che fornisca la sovratensione. È per questo motivo che i comuni neon non si accendono immediatamente e producono il loro caratteristico sfarfallio prima dell'accensione completa.

Le **lampade tubolari LED** sono tubi perlopiù in plastica, non contengono né gas nobile da ionizzare né mercurio e si accendono istantaneamente senza bisogno di starter e reattore. Non producono calore, non emettono né contengono sostanze nocive e non hanno bisogno di manutenzione.

La maggiore efficienza dei tubi a LED consiste inoltre in una maggiore resa luminosa. I neon infatti emettono luce a 360° per cui parte di essa viene dispersa. Al contrario, i tubi a LED irradiano luce nel ventaglio dei 120° sottesi all'elemento luminoso lineare, cosicché il 100% della luce prodotta viene sfruttata e diretta verso la superficie da illuminare, senza dispersioni e senza dover ricorrere ad altri elementi riflettenti. Questo, scheda tecnica alla mano, si traduce in una maggiore efficienza a parità di flusso luminoso rispetto ai comuni tubi al neon.

Descrizione dei lavori

La sostituzione delle lampade è semplice e bastano pochissimi accorgimenti in base al tipo di trasformatore presente.

Se si utilizza un trasformatore convenzionale, occorrerà sostituire lo starter tradizionale con un apposito starter per LED; nel caso in cui sia presente un reattore elettronico, si dovrà provvedere all'eliminazione dello starter e del reattore ed inserire solo il nuovo LED.

Occorre quindi verificare la compatibilità delle nuove lampade con la tipologia di plafoniere esistenti, sia a livello di flusso luminoso che di resa cromatica, oltre che le caratteristiche dimensionali delle sorgenti luminose ed il tipo di reattore installato.

Attualmente all'interno dell'edificio sono installate lampade fluorescenti di vecchia generazione tipo neon T8 di diversa potenza.

I corpi illuminanti presenti sono di 4 tipologie principali che nel progetto di efficientamento dei corpi illuminanti hanno trovato le corrispondenze riportate nella seguente tabella.

Tubo acceso 12 ore al giorno, 312 giorni all'anno



Tabella 8.4 –Comparazione lampade

STATO DI FATTO					PROGETTO					
DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIERE	NR LAMPADE/PLAFONIERA	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA	DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIERE	NR LAMPADE/PLAFONIERA	NUMERO LAMPADE TOT	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]					[W]	[W]
Fluorescente T8 2x36	134	2	36	9648	LED 1x16W solo lampada	134	2	268	16	4288
Fluorescente T8 1x36	51	1	36	1836	LED 1x16W solo lampada	51	1	51	16	816
Faetti alogeni 1x200W	4	1	200	800	LED 1x47W faretto	4	1	4	47	188
Fluorescente T8 1x18	44	1	18	792	LED 1x10W solo lampada	44	1	44	10	440

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.7.

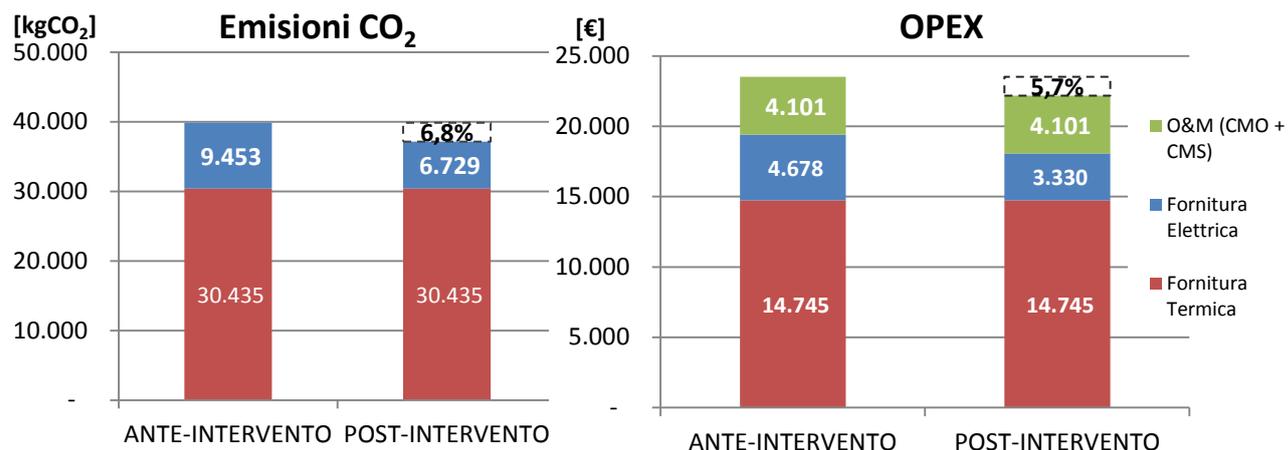
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 energia assorbita	[W/m ² K]	16444	10449	36,5%
Q _{teorico}	[kWh]	152.034	152.034	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	20.801	14.806	28,8%
Q _{baseline}	[kWh]	150.666	150.666	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	20.243	14.409	28,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.435	30.435	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.453	6.729	28,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.888	37.164	6,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.745	14.745	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.678	3.330	28,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.423	18.075	6,9%
C _{MO}	[€]	3.239	3.239	0,0%
C _{MS}	[€]	861	861	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.101	4.101	0,0%
OPEX	[€]	23.524	22.175	5,7%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classe

Nota (18) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.7 – EEM4: 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 del solaio sottotetto

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione del solaio di sottotetto, per mezzo di insufflaggio di isolante.

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

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 73,50 €/mq

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione sottotetto

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE		IVA TOTALE	
						(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)		
						[€]	[%]	[€]	
03.A07.B03.010	Prezzario Regione Piemonte	598	m2	€ 56,39	€ 51,26	€ 30.656	22%	€ 37.400	
02.P80.S05	Prezzario Regione Piemonte	70	m2	€ 1,96	€ 1,78	€ 125	22%	€ 152	
PR.A08.A35.030	Prezzario Regione Liguria	160	ml	€ 3,80	€ 3,45	€ 553	22%	€ 674	
90.G10.G15.005	Prezzario Liguria	70	m2	€ 22,46	€ 20,42	€ 1.429	22%	€ 1.744	
TOTALE PARZIALE LAVORI						€ 32.762	22%	€ 39.970	
Costi per la sicurezza						€ 983	22%	€ 1.199	
Costi progettazione (in % su importo lavori)						€ 2.293	22%	€ 2.798	
TOTALE (I₀ - EEM1)						€ 36.039	22%	€ 43.967	
Incentivi	[Conto termico]							€ 17.587	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 3.517,37	

EEM2: Isolamento pareti con cappotto esterno

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'isolamento delle pareti perimetrali disperdenti sul lato esterno, per mezzo di strato isolante sul lato esterno delle pareti perimetrali e ciclo di rete e rasatura finale.

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

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 100,00 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Cappotto esterno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARI [€/m²cm]	PREZZO UNITARIO SCONTAT [€/m²cm]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
95.B10.S10.010	Prezzario Regione Liguria	1740	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 22.588,36	22%	€ 27.557,80
25.A05.E20.010	Prezzario Regione Liguria	1694	m2	€ 5,66	€ 5,15	€ 8.716,40	22%	€ 10.634,01
PR.A17.S06.010	Prezzario Regione Liguria	23716	m2cm	€ 2,85	€ 2,59	€ 61.446,00	22%	€ 74.964,12
03.A07.A01.005	Prezzario Regione Piemonte	1694	m2	€ 14,25	€ 12,95	€ 21.945,00	22%	€ 26.772,90
25.A90.A20.010	Prezzario Regione Liguria	1694	m2	€ 7,29	€ 6,63	€ 11.226,60	22%	€ 13.696,45
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 3.777,67	22%	€ 4.608,76
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 8.814,57	22%	€ 10.753,77
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 138.515	22%	€ 168.988
Incentivi	[Conto termico]							€ 67.595,12
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 13.519,02

EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori dell'edificio e la sostituzione del circolatore con elettropompa a giri variabili.

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

Installazione di tecnologie di Building automation (art.4, c.1, lett.g)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 25 €/mq oppure 50.000€
- Costo unitario valutato per l'intervento: 3 €/mq

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Regolazione impianto termico con valvole termostatiche

CODICE PREZZARIO	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]	[€]	[%]	[€]
PR.C17.A1 5.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	70	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 2.254,00	22%	€ 2.749,88
PR.C47.H1 0.085	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 60 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.293,13	€ 2.084,66	€ 2.084,66	22%	€ 2.543,29
40.E10.A1 0.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 88,49	22%	€ 107,96
PR.E40.B0 5.210	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	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E0 1.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	26	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 763,19	22%	€ 931,09
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 156,33	22%	€ 190,72
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 364,77	22%	€ 445,02
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 5.732	22%	€ 6.993
Incentivi		[Conto termico]							€ 2.797,25
Durata incentivi									5
Incentivo annuo									€ 559,45

EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

Nella Tabella 9.10 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione delle lampade fluorescenti attualmente installate con lampade LED.

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

Installazione lampade LED (art.4, c.1, lett.f)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq oppure 70.000 €;
- Costo unitario valutato per l'intervento: 7 €/mq

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Retrofit illuminazione

CODICE PREZZARIO	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]	[€]	[%]	[€]
1E.06.060 .0210.a	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 - Lunghezza 600 mm - flusso luminoso 825 lm potenza 10 w	Prezzario Milano	44	cad	€ 23,61	€ 21,46	€ 944,40	22%	€ 1.152,17
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 - Lunghezza 1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w	Prezzario Milano	185	cad	€ 34,69	€ 31,54	€ 5.834,23	22%	€ 7.117,76
1E.06.060 .0040.a	Proiettore orientabile da esterno / interno idoneo per impianti sportivi. Prodotto in conformità alle norme EN 60598 CEI 34-21, grado di protezione in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e telaio in alluminio pressofuso con sistemi alettati di raffreddamento, diffusore in vetro temperato spessore 5 mm resistente agli shock termici ed agli urti, verniciatura a polvere poliestere resistente alla corrosione e alle nebbie saline, completo di staffa in acciaio inox con scala goniometrica orientabile zincata e verniciata - ottica ad alto rendimento con recuperatori di flusso: grado di protezione IP65-IP68 - equipaggiato con lampade led 4000K 6400 Lm potenza 47 w	Prezzario Milano	4	cad	€ 285,30	€ 259,36	€ 1.037,45	22%	€ 1.265,69
TOTALE PARZIALE							€ 7.816,08	22%	€ 9.535,62
Costi per la sicurezza		-	3%	%			€ 234,48	22%	€ 286,07
Costi progettazione (in % su importo lavori)		-	7%	%			€ 547,13	22%	€ 667,49
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 8.598	22%	€ 10.489
Incentivi		Conto termico							€ 4.195,67
Durata incentivi									5
Incentivo annuo									€ 839,13

Nota (19) I costi delle lampade sono comprensivi di montaggio e smontaggio dell'esistente, compreso lo smaltimento

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 sottotetto

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

Tabella 9.5 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione sottotetto

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	43.967
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	3.517
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	19,3	10,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	32,9	16,7
Valore attuale netto	VAN	- 4.034	11.625
Tasso interno di rendimento	TIR	3,2%	7,0%
Indice di profitto	IP	-0,09	0,26

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

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

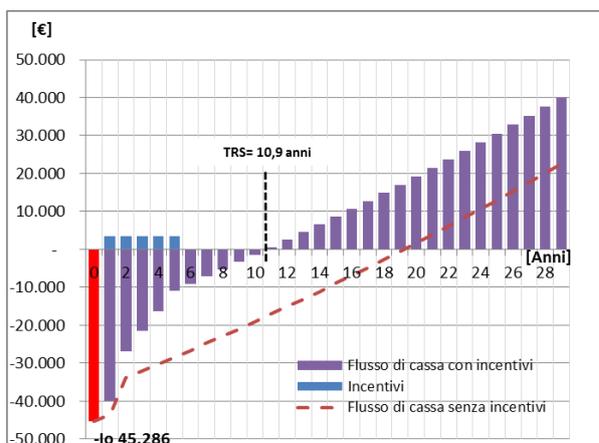
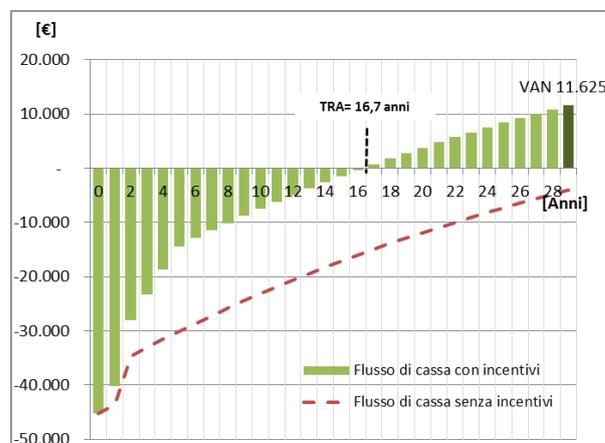


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un ritorno economico conveniente rispetto alla vita utile della soluzione.

EEM2: Isolamento pareti con cappotto esterno

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

Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione esterna pareti verticali

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	168.988
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	13.519
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	40,9	23,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	62,7	36,4
Valore attuale netto	VAN	- 90.813	- 30.629
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,3%	1,3%
Indice di profitto	IP	-0,54	-0,18

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

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

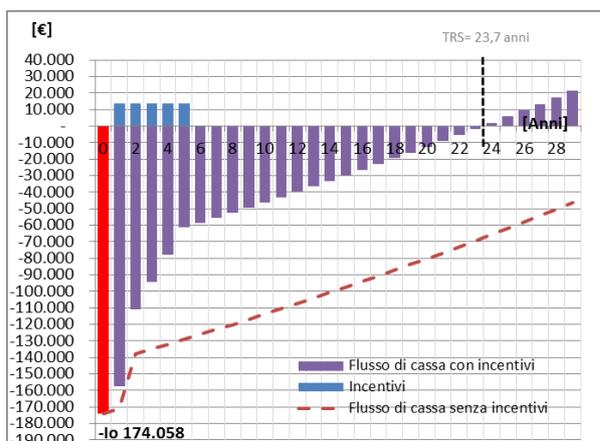
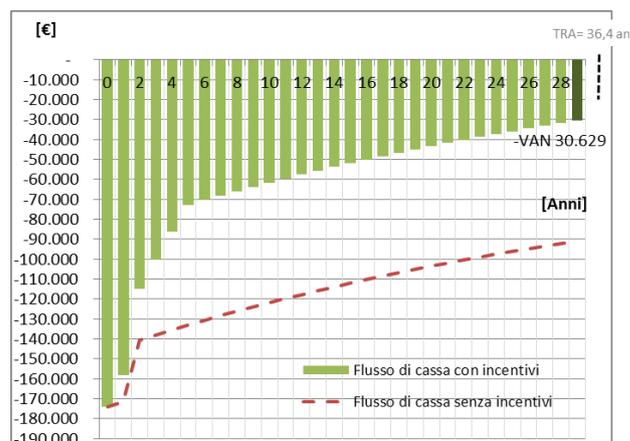


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un ritorno economico non conveniente rispetto alla sua vita utile se effettuato singolarmente.

EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

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

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Regolazione impianto termico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	6.993
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	559
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,4	1,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,6	2,2
Valore attuale netto	VAN	23.367	25.857
Tasso interno di rendimento	TIR	40,3%	47,2%
Indice di profitto	IP	3,34	3,70

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

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

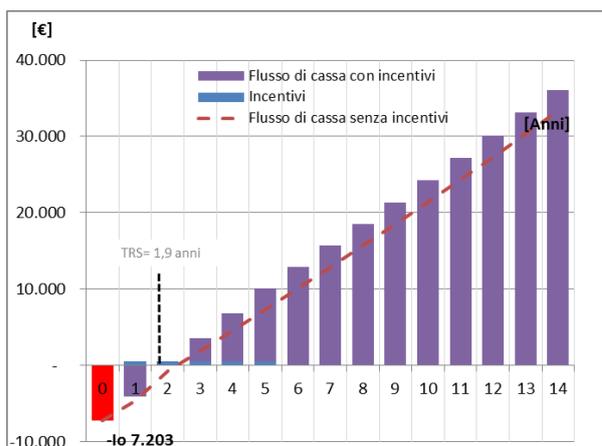
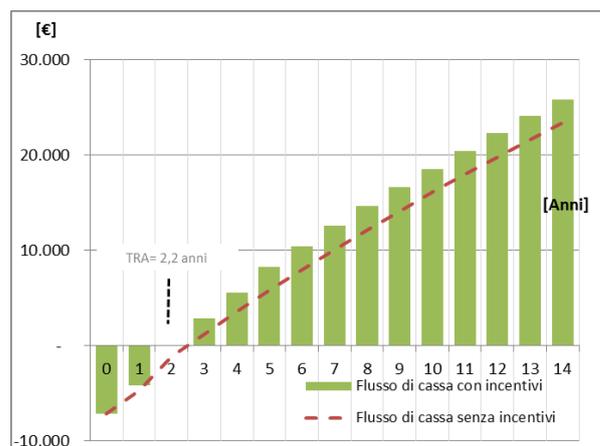


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un ottimo ritorno economico rispetto alla vita utile delle apparecchiature installate, sia senza che con incentivo.

EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– Luci a LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	10.489
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	839
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	7,7	4,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	9,6	5,6
Valore attuale netto	VAN	3.632	7.367
Tasso interno di rendimento	TIR	9,1%	15,5%
Indice di profitto	IP	0,35	0,70

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

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

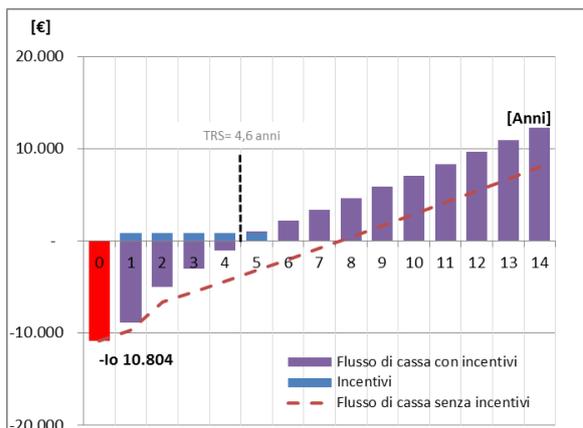
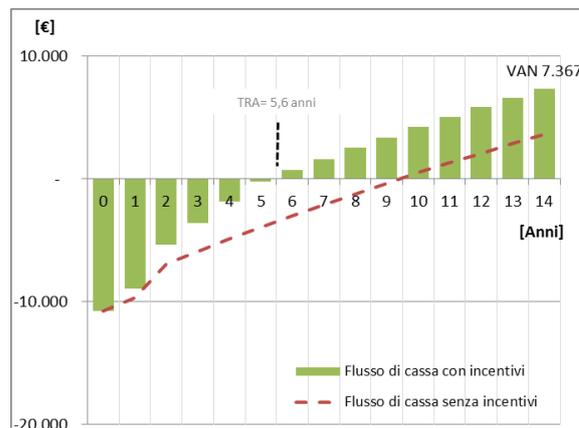


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un buon ritorno economico rispetto alla vita utile delle apparecchiature installate, sia senza che con incentivo.

Si noti che è stata adottata una vita utile delle lampade pari a 15 anni, derivante dal rapporto tra la durata in ore delle lampade LED (almeno 30.000 ore) e la stima di accensione annua delle luci nella scuola (circa 2.000 ore).

Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1: Sottotetto	12,4%	10,8%	2093,01	0	0	43967	19,3	32,9	30	-4034	3,2%	-0,09
EEM 2: Cappotto esterno	20,1%	17,6%	3397,92	0	0	168988	40,9	62,7	30	-90813	-2,3%	-0,54
EEM 3: Valvole termostatiche	18,3%	16,2%	3124,65	0	0	6993	2,4	2,6	15	23367	40,3%	3,34
EEM 4: Corpi illuminanti	3,4%	6,8%	1348,18	0	0	10489	7,7	9,6	15	3632	9,1%	0,35

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

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

- I_0 è il valore dell’investimento iniziale per la realizzazione dell’intervento; assume valori negativi;

Dall’analisi dei risultati emerge che gli interventi sull’involucro hanno lunghi tempi di ritorno, nonostante gli alti valori di risparmio energetico rispetto alla baseline. Ciò è dovuto ai più alti costi d’investimento iniziale, che vengono recuperati solo dopo la vita utile degli stessi componenti, rendendo inefficace l’investimento, almeno senza applicazione degli incentivi.

Gli interventi sugli impianti, al contrario, hanno un ottimo rapporto costi-benefici, anche senza incentivi.

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

	CON INCENTIVI											
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1: Copertura	12,4%	10,8%	2093	0	0	43967	10,9	16,7	30	11625	7,0%	0,26
EEM 2: Cappotto interno	20,1%	17,6%	3398	0	0	168988	23,7	36,4	30	-30629	1,3%	-0,18
EEM 3: Valvole termostatiche	18,3%	16,2%	3125	0	0	6993	1,9	2,2	15	25857	47,2%	3,70
EEM 4: Corpi illuminanti	3,4%	6,8%	1348	0	0	10489	4,6	5,6	15	7367	15,5%	0,70

Dall’analisi dei risultati emerge che grazie agli incentivi il tempo di ritorno semplice degli investimenti sull’involucro risulta accettabile, ma l’indice di profitto resta leggermente negativo per il cappotto esterno, considerando i valori attualizzati. Gli interventi 3 e 4 risultano essere invece molto efficaci grazie agli incentivi, con tempi di ritorno attualizzati brevi rispetto alla loro vita utile.

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

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

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

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

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

Il secondo 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 primo 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: TRS<15 ANNI:** tale scenario consiste nell'installazione di valvole termostatiche sui corpi radianti esistenti e la sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.
- **Scenario 2: TRS<25 ANNI:** tale scenario consiste nella realizzazione di coibentazione esterna delle pareti verticali e del solaio sottotetto, installazione di valvole termostatiche sui radiatori e la sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

9.3.1 Scenario 1: TRS < 15 ANNI

La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM seguenti:

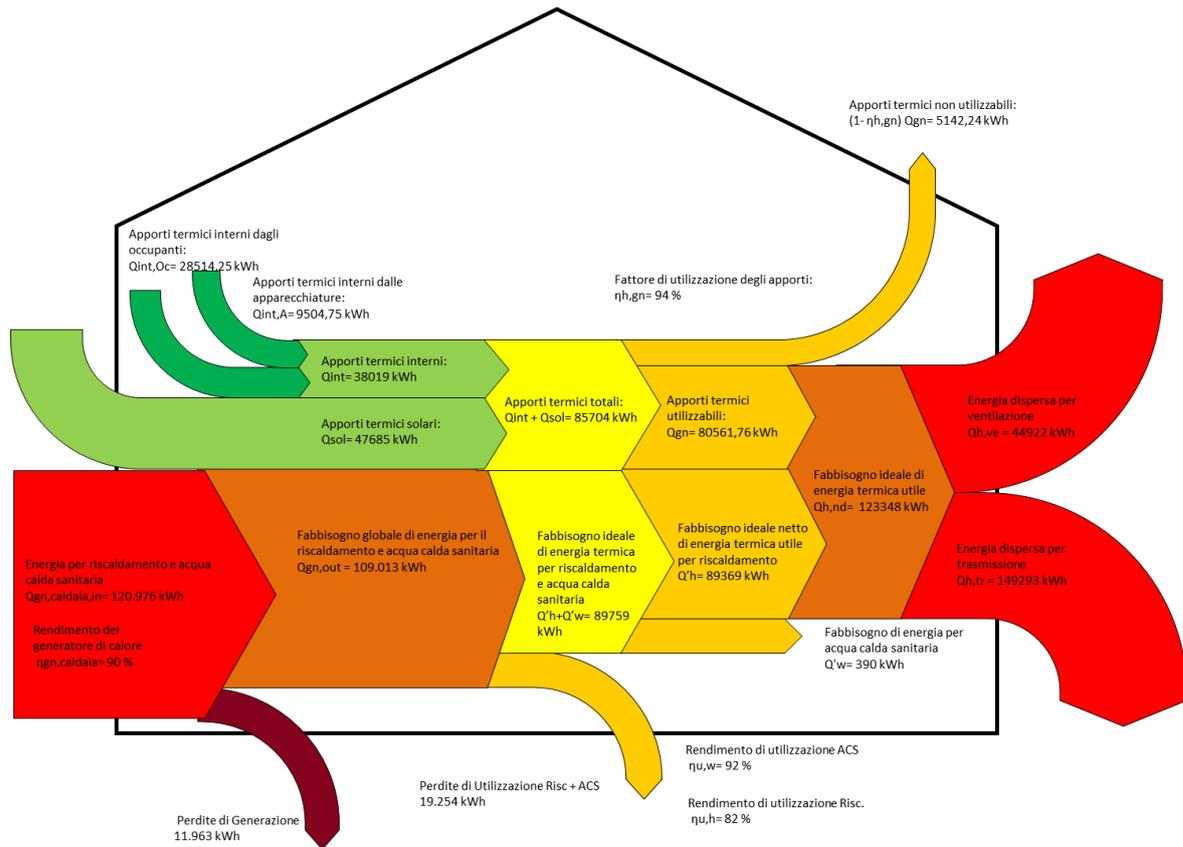
- installazione di valvole termostatiche sui corpi radianti esistenti;
- sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 FPO valvole termostatiche e pompa inverter	5211	1146	6357
EEM4 FPO lampade LED	7816	1720	9536
Costi per la sicurezza	391	86	477
Costi per la progettazione	912	201	1113
TOTALE (I₀)	14330	3153	17482
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	0	0	0
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	6993	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		1399	

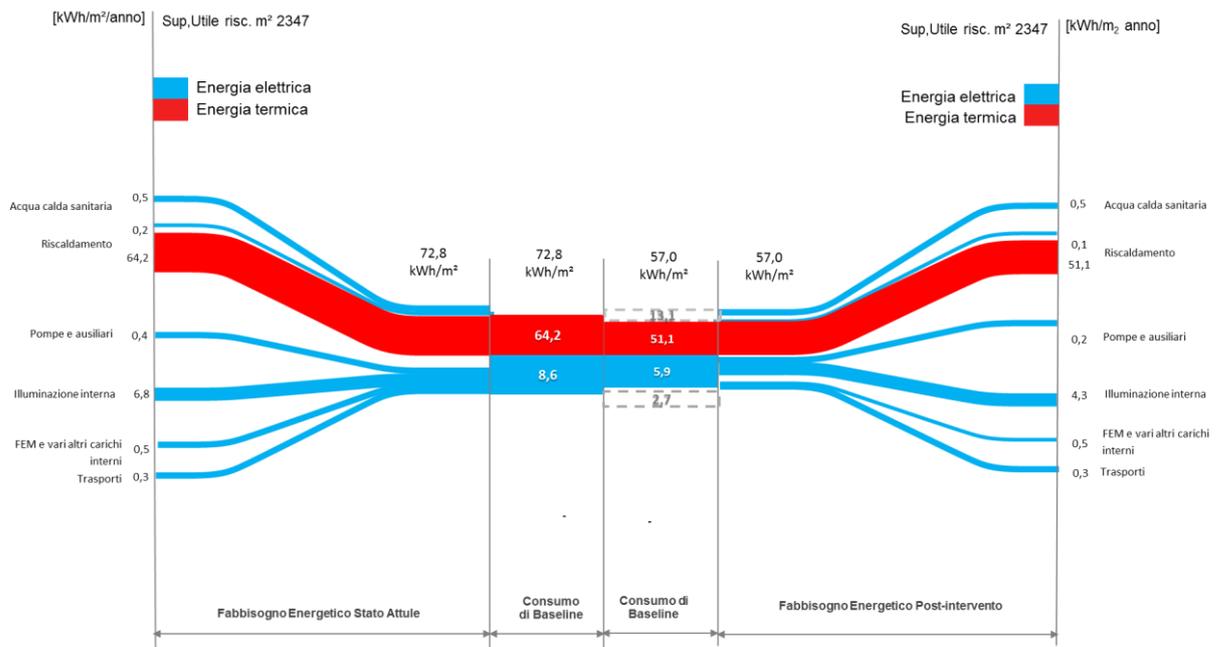
A seguito della modellazione dello scenario ottimale è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.9 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che si ha una diminuzione del fabbisogno globale di energia per il riscaldamento grazie al maggiore rendimento del sottosistema di regolazione.

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

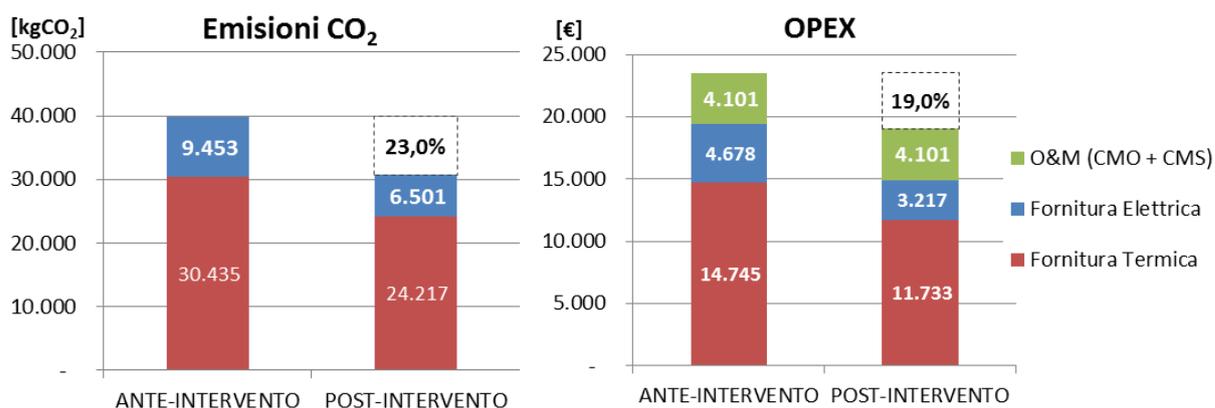


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella

Figura 9.11.

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – TRS <15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 Rendimento di regolazione	[W/m²K]	78	98	25,6%
EM4 energia assorbita	[kWh]	16444	10449	36,5%
Q _{teorico}	[kWh]	152.034	120.976	20,4%
EE _{teorico}	[kWh]	20.801	14.305	31,2%
Q _{baseline}	[kWh]	150.666	119.887	20,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	20.243	13.921	31,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.435	24.217	20,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.453	6.501	31,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.888	30.718	23,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.745	11.733	20,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.678	3.217	31,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.423	14.950	23,0%
C _{MO}	[€]	3.239	3.239	0,0%
C _{MS}	[€]	861	861	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.101	4.101	0,0%
OPEX	[€]	23.524	19.051	19,0%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

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

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Nell'elaborazione del PEF è stato possibile prevedere un margine di riduzione della spesa per la PA durante la gestione dell'investimento pari al 5%. Resta un buon margine di profitto sia con investimento diretto dell'Amministrazione, sia con l'intervento di una ESCo. Non risulta possibile invece superare di due classi le prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto all'interno del periodo di 15 anni.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– TRS<15 ANNI

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		5
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_D	€	17.482
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	524
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	18.006
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	14.405
Equity	I_E	€	3.601
Fattore di annualità Debito	FA_D		4,55
Rata annua debito	q_D	€	3.169
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	15.846
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=$q_D * n_D - D$	€	1.441

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	15.920
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	3.361
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	19.281
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E		23,0%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2.366
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	964
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	46.771
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	4.381
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		57,38%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	738
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	103
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	561
Canone O&M €/anno	CnM	€	3.490
Canone Energia €/anno	CnE	€	13.425
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	16.915
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	1.402
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	18.317

Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 3.152
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 6.993
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	5,47
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,10
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 7.016
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	13,16%
Indice di Profitto	IP	40,13%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	4,23
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,12
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 4.762
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	33,26%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,105
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	2,102
Indice di Profitto Azionista	IP	27,24%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

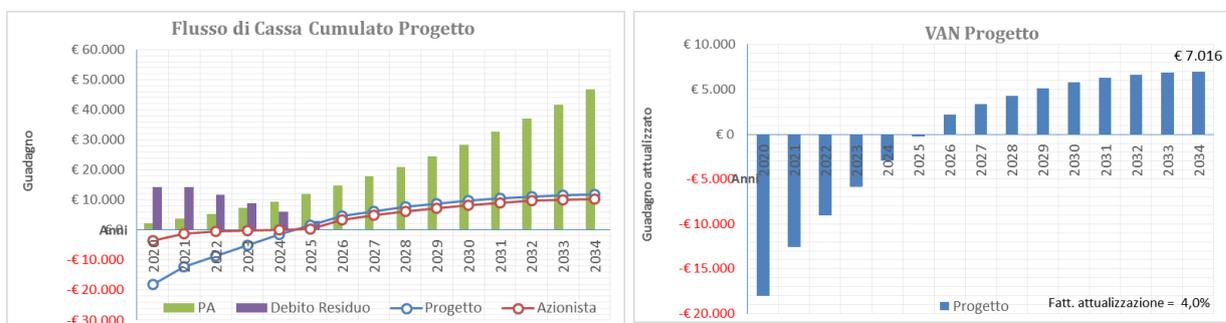


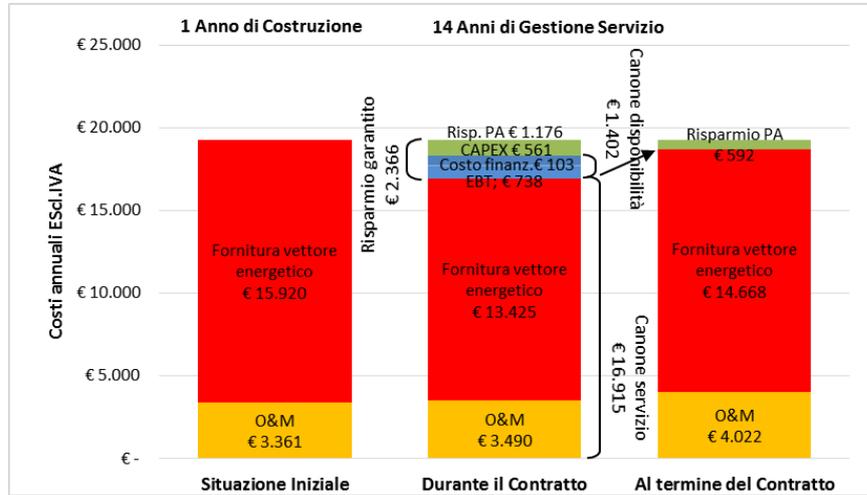
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che con le condizioni economico-finanziarie ipotizzate, gli interventi dello scenario risultano convenienti come investimento, sia per la PA che per un’eventuale società ESCO.

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

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: TRS < 25 ANNI

La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM seguenti:

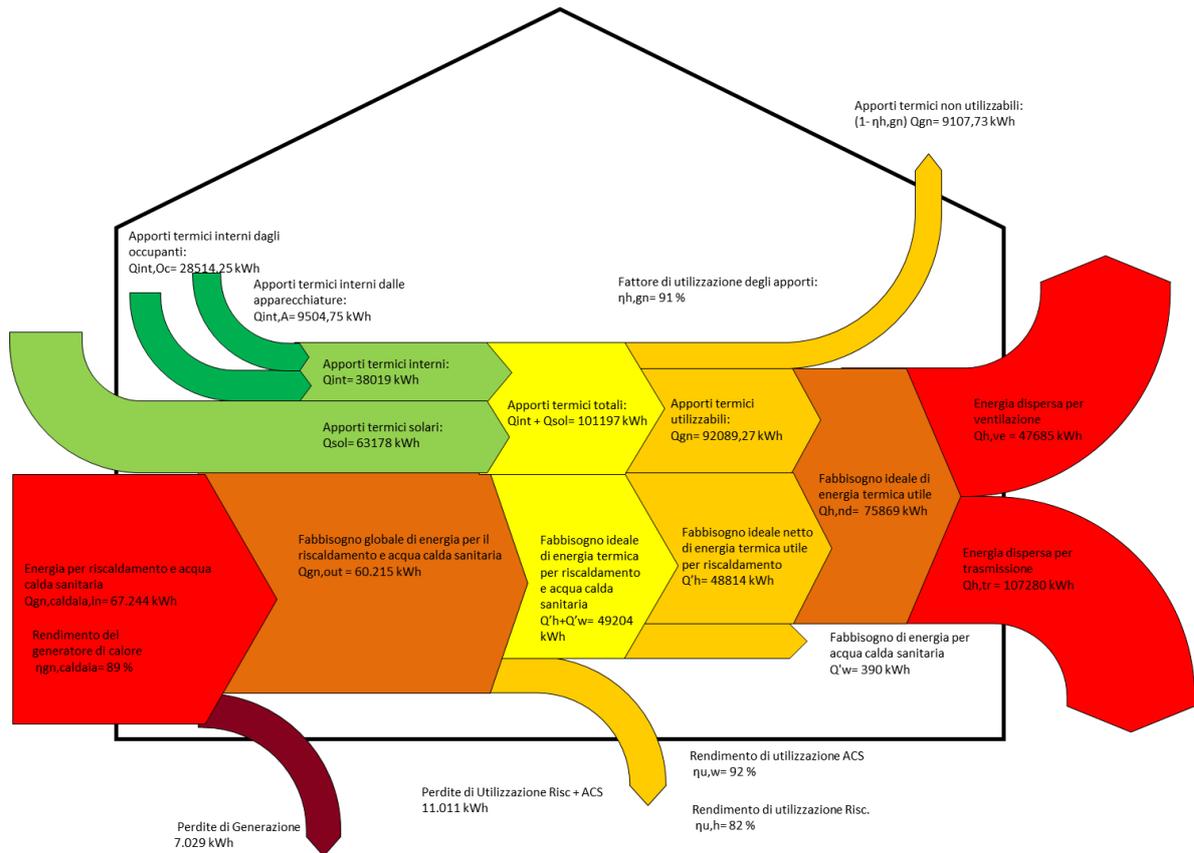
- realizzazione di coibentazione esterna delle pareti verticali e del solaio sottotetto;
- installazione di valvole termostatiche sui radiatori;
- sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 FPO isolamento sottotetto	32762	7208	39970
EEM2 FPO Cappotto esterno	125922	27703	153625
EEM3 FPO valvole termostatiche e inverter	5211	1146	6357
EEM4 FPO lampade LED	7816	1720	9536
Costi per la sicurezza	5151	1133	6285
Costi per la progettazione	12020	2644	14664
TOTALE (I₀)	188883	41554	230437
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{Ms} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	0	0	0
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	92175	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		18435	

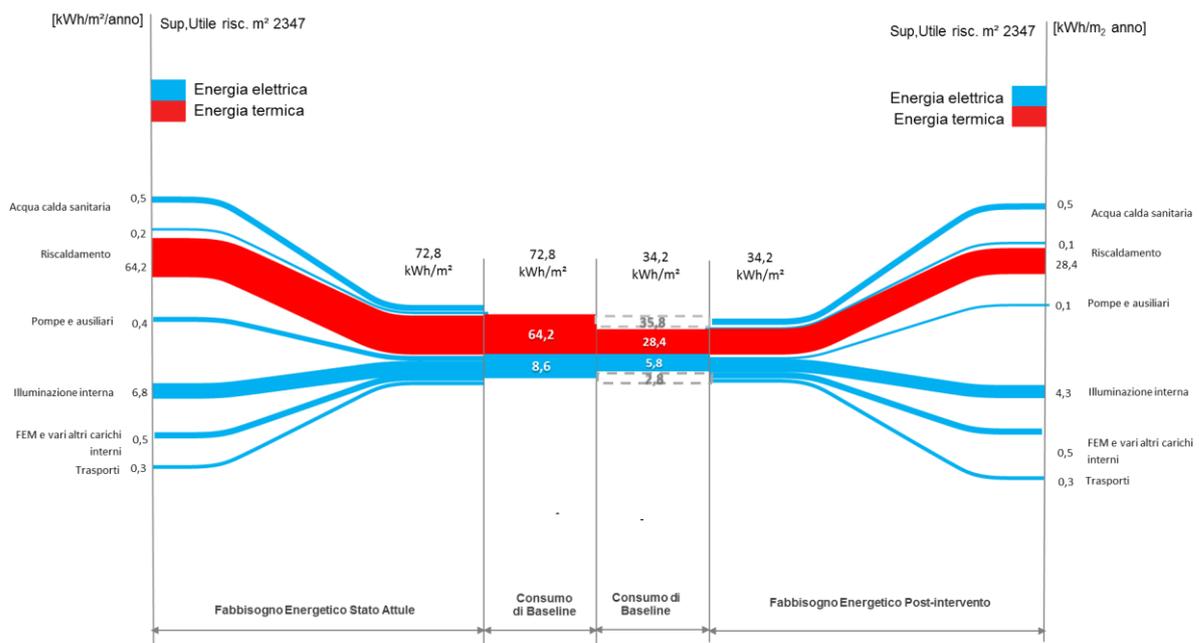
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.15 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che si ha una notevole diminuzione delle perdite di calore attraverso l’involucro grazie all’isolamento delle pareti e del solaio sottotetto, di conseguenza una diminuzione del fabbisogno di energia termica per l’impianto, grazie anche al maggiore rendimento di regolazione.

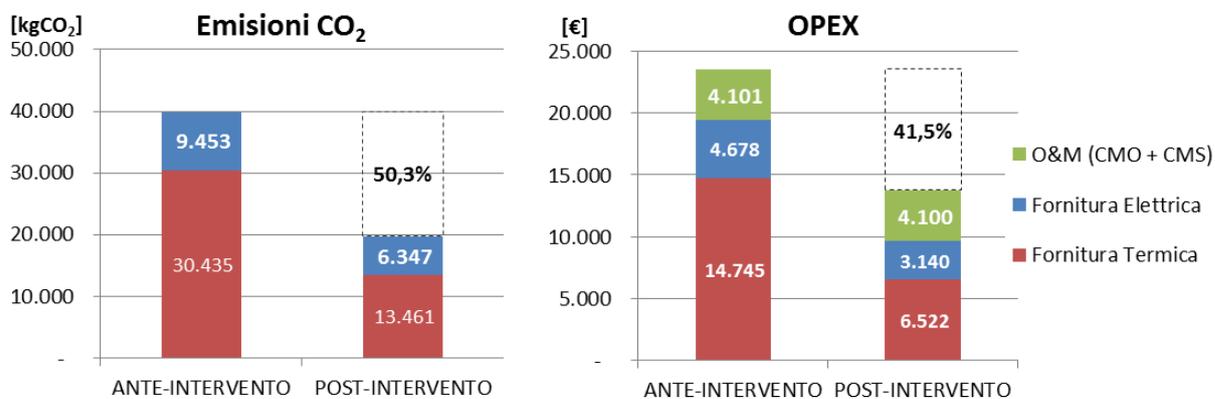
Figura 9.16 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



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

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – TRS <25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza solaio sottotetto]	[W/m²K]	1,77	0,25	85,9%
EM2 [Trasmittanza parete esterna]	[W/m²K]	0,8	0,2	75,0%
EM3 Rendimento di regolazione	[W/m²K]	77	98	27,3%
EM4 energia assorbita	[W/m²K]	16444	10449	36,5%
Q _{teorico}	[kWh]	152.034	67.244	55,8%
EE _{teorico}	[kWh]	20.801	13.965	32,9%
Q _{baseline}	[kWh]	150.666	66.639	55,8%
EE _{baseline}	[kWh]	20.243	13.590	32,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.435	13.461	55,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.453	6.347	32,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	39.888	19.808	50,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.745	6.522	55,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.678	3.140	32,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.423	9.662	50,3%
C _{MO}	[€]	3.239	3.239	0,0%
C _{MS}	[€]	861	861	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.101	4.100	0,0%
OPEX	[€]	23.524	13.763	41,5%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Figura 9.17 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Nell'elaborazione del PEF non è stato possibile prevedere un margine di riduzione della spesa per la PA durante la gestione dell'investimento. Lo scenario risulta non conveniente per entrambe le soluzioni d'investimento. Gli interventi di riqualificazione proposti nello scenario consentono un aumento di due classi energetiche del sistema edificio-impianto valutato in condizioni standard.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– TRS<25 ANNI

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	12
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 230.437
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 6.913
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 237.350
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 189.880
Equity	I_E	€ 47.470
Fattore di annualità Debito	FA_D	9,62
Rata annua debito	q_D	€ 19.748
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 236.977
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 47.097

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 15.920
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 3.361
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 19.281
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	50,3%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.482
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 88.323
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 10.799
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	2,04%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 202
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 1.962
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 4.318
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 3.579
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 9.220
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 12.799
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 6.482

Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	19.281
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€	41.554
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€	92.175
Durata Incentivi, anni	n _B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.20 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		15,62
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		33,32
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€	16.056
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC		2,85%
Indice di Profitto	IP		-6,97%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		23,87
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		52,66
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€	17.302
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR < ke		0,81%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		0,917
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1		0,933
Indice di Profitto Azionista	IP		-7,51%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



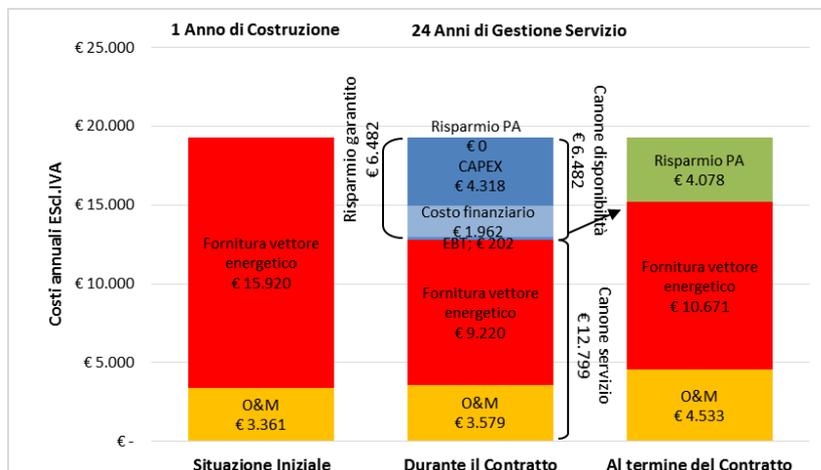
Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che con le condizioni economico-finanziarie ipotizzate, gli interventi dello scenario non risultano convenienti come investimento.

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

Figura 9.20 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract

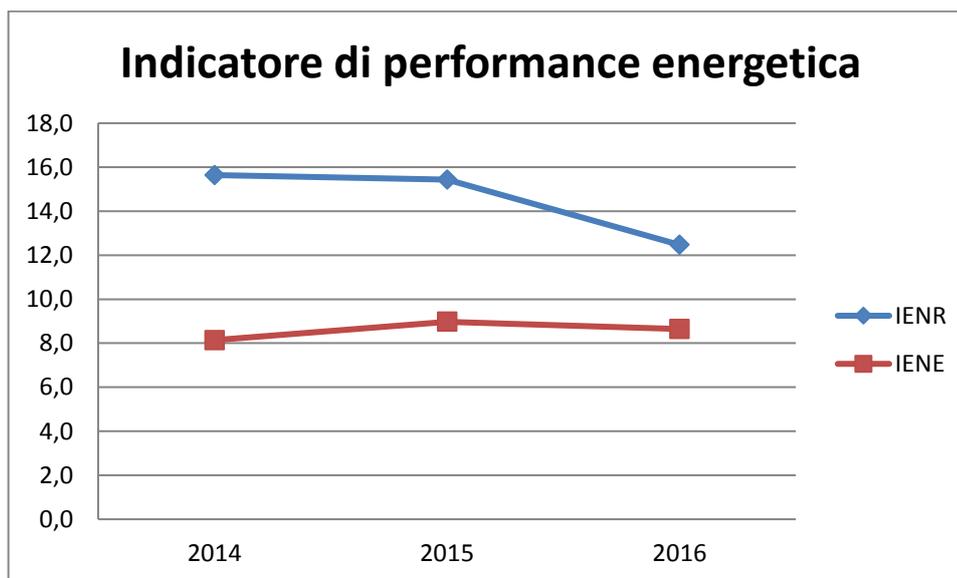


10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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.

Figura 10.1- Indicatori di performance energetica IEN



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 F, 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 non rinnovabile relativi allo stato di fatto e calcolati in condizioni standard.

Tabella 10.1 – Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria 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	142,20	135,31
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	108,91	108,49
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,16	0,93
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	31,33	25,24
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,80	0,65
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	28	

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 sopra.

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	109,57	104,70
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	85,83	85,57
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,16	0,93
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	21,78	17,55
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,80	0,65
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	21,7	

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	68,33	63,58
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	44,59	44,45
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,16	0,93
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	21,78	17,55
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,80	0,65
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	13,4	

Nelle tabelle precedenti si possono vedere in dettaglio i risultati sugli indicatori di prestazione energetica calcolati in modalità di funzionamento standard, che determinano il miglioramento delle classi energetiche a seconda che venga attuato rispettivamente lo scenario 1 e lo scenario 2 e che sono riassunte di seguito.

Tabella 10.4- Comparazione Classi energetiche tra lo SdF e gli Scenari calcolate in modalità standard (APE)

Descrizione	Cat. DPR 412	Sup. netta [mq]	Volume lordo [mc]	E _{pgl,nren}	U.M.	Classe energetica	Miglioramento
Stato di Fatto				142,20	kWh/m ² anno	F	-
Scenario 1 TRS<15anni	E.7	2347	9200	104,70	kWh/m ² anno	F	+0 classi
Scenario 2 TRS<25anni				63,58	kWh/m ² anno	D	+2 classi

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 rispettivamente minore di 15 e 25 anni, comprendenti i seguenti interventi:

- **Scenario 1: SCN1** – sostituzione dei corpi illuminanti, installazione di un sistema di *building automation* mediante l’uso di valvole termostatiche e pompa di circolazione a giri variabili (inverter).

- **Scenario 2: SCN2** – realizzazione di coibentazione esterna delle pareti verticali, isolamento del solaio sottotetto, installazione di valvole termostatiche e pompa a inverter (sistema di building automation), sostituzione dei corpi illuminanti.

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 baseline

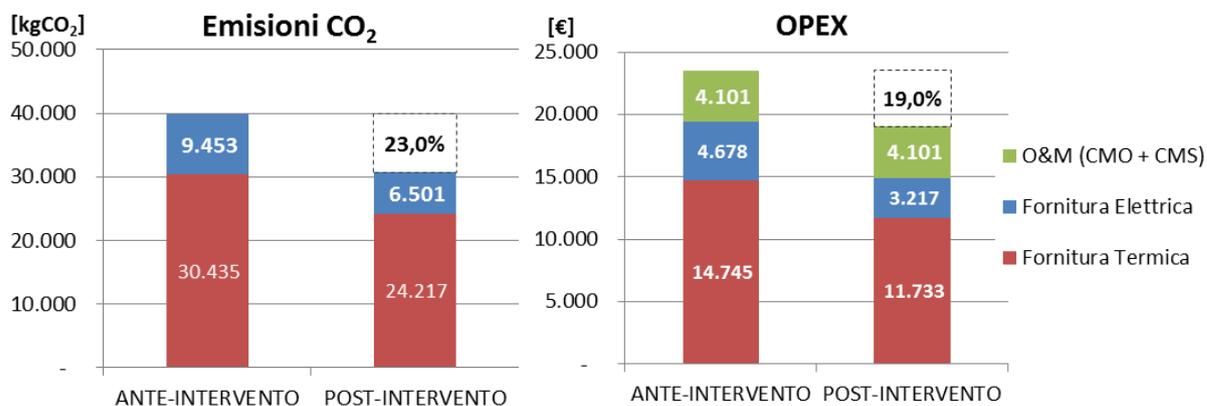
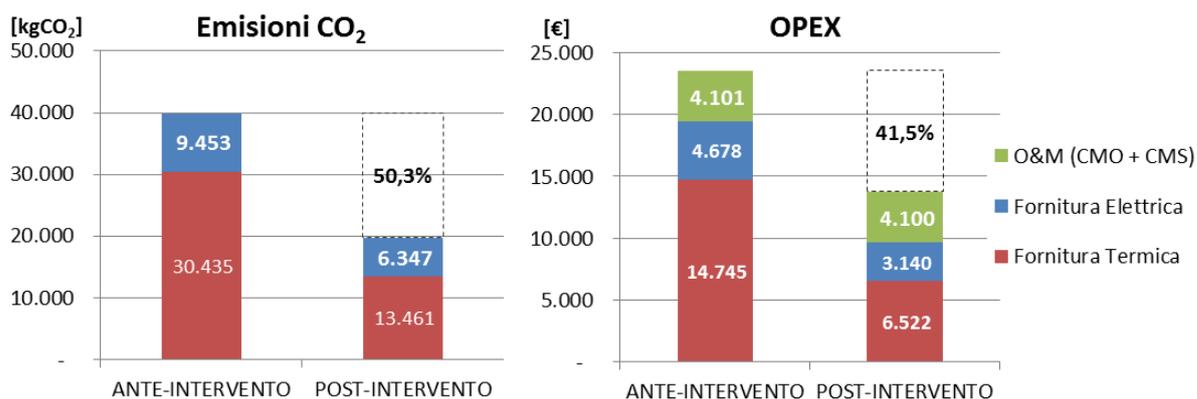


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



Come è possibile notare, i maggiori risparmi in termini di costi operativi e di emissioni si riscontrano 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 buoni risultati sia in termini di riduzione delle emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia. Il primo scenario tuttavia non permette il salto di due classi energetiche come richiesto dal Fondo Kyoto per l'accesso ai finanziamenti, mentre è raggiungibile con il secondo scenario.

L'edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un buon margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sull'involucro attualmente non coibentato e sulla regolazione più spinta dell'impianto di riscaldamento.

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 regolazione dell'impianto termico.

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. Gli interventi di installazione delle valvole termostatiche e la sostituzione del circolatore esistente con uno a inverter deve avvenire fuori dal periodo di riscaldamento, poiché i lavori richiedono una momentanea interruzione del funzionamento dell'impianto termico.

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 sul quadro elettrico generale; 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, estrattore, 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 più rilevanti dovuti alla sola climatizzazione invernale, 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 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</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Climatizzazione		caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.
	Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.	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.
	Corretta regolazione delle centraline climatiche	Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche. Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter personalizzare gli orari di funzionamento e la temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.
	Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.	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.
	Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.	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.
Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.	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.	
Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.	Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima	

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.	<p>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 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%.</p>
Formazione del personale	Eseguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.	<p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p> <p>Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.</p>
Illuminazione	<p>Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.</p>

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in discrete condizioni, almeno per quanto riguarda le aree utilizzate della struttura. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all'impianto termico o all'involucro edilizio. Da un'indagine visiva sono state riscontrate aree dei muri perimetrali con distacco dell'intonaco sul lato esterno, nonché fenomeni di risalita capillare se pur circoscritti, sulle pareti in appoggio sul terreno.

La struttura risale alla fine degli anni '60, probabilmente con qualche ristrutturazione successiva non meglio documentata, mentre gli infissi sono stati sostituiti circa 15 anni fa, motivo per cui non risulta conveniente la loro sostituzione.

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. E' stato possibile individuare un certo numero di interventi volti a ridurre il fabbisogno di energia avendo l'edificio buoni margini di miglioramento, nonostante alcune delle misure proposte non siano economicamente vantaggiose se prese singolarmente e considerando i prezzi assunti per la valutazione.

Nei due scenari individuati invece la situazione prospettata è diversa, infatti nello SCN 2 si ha la realizzazione di una riqualificazione energetica importante che permetterebbe un salto di 2 classi energetiche all'edificio, ciononostante non è finanziariamente sostenibile. Risulta invece economicamente conveniente lo SCN 1, ma non permette di attingere al Fondo Kyoto poiché non si verifica il superamento di classi energetiche.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoA-Elenco documentazione fornita.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Planimetrie ubicazione impianti	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoB-Pianta posizione POD e PDR.dwg
Planimetrie ubicazione impianti	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoB-Pianta posizione POD e PDR.pdf
Dettaglio calcoli interventi	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1637_revB-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx
Riepilogo fatture energia elettrica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoB-Riepilogo EE.xlsx
Riepilogo fatture gas naturale	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1637_revA-AllegatoB-Riepilogo GAS.xlsx
Visura catastale ed estratto di mappa terreni	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoB-Visura catastale e estratto di mappa terreni.pdf
Schema impianto termico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoB-Schema impianto termico.dwg
Schema a blocchi impianto elettrico	03/08/2018	DE_Lotto1-E1640_revA-AllegatoB_Schema a blocchi elettrico



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Relazione analisi termografica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoC-Report termografico.docx



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

	Titolo	Data	Nome file
1	Report indagini strumentali	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoD-Report strumentali.docx

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo modellazione energetica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoE-Relazione di calcolo.RTF



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione CTI Edilclima	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoF-CertCTI.pdf



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	APE stato di fatto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revB-AllegatoG-APE.RTF



ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Scenario 15 anni	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoH-APE-SCN1.RTF
Bozza APE Scenario 25 anni	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoH-APE-SCN2.RTF



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici reali - stazione meteo Castellaccio	03/08/2018	GG_Lotto.1-E1640_revA.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede Audit Livello II Aicarr	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoJ-Check list schede AICARR.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
A2.1 - Chiusure verticali opache coibentazione dall'esterno a cappotto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoK-A2.1.pdf
A3.1 - Partizioni orizzontali - solaio sottotetto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoK-A3.1.pdf
H15 - Installazione di pompe a portata variabile	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoK-H15.pdf
H16 - Installazione valvole termostatiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoK-H16.pdf
L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revA-AllegatoK-L1.pdf



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario due scenari	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1640_revB-AllegatoL-AnalisiPEF



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revA-AllegatoM-Benchmark.docx



ALLEGATO N – CD-ROM

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