

Scuola media A. Ansaldo

E769

Salita Egeo 16

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



Scuola media A. Ansaldo

E769

Salita Egeo 16

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

FABRYCA srl Società di Ingegneria

Via Matteotti, 20 – 26838 Tavazzano con Villavesco (LO)

genova.auditlotto7@fabryca.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
1	03/08/2018	Ing. BERTONI LUCA	Arch. TOMA MAURIZIO	Ing. BERTONI LUCA	Prima Pubblicazione
		Arch. TOMA MAURIZIO	Responsabile Involucro		
		Ing. BROGNOLI GIORDANA	Ing. BATTAGLI A OSCAR		
			Responsabile Impianti		

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
CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO OGGETTO DELLA DE	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO.....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO.....	8
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	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO	11
I GG COSÌ CALCOLATI DEFINISCONO I GG_{RIF} AI FINI DEL PROCESSO DI NORMALIZZAZIONE DI CUI AL CAPITOLO	
5.1.1.....	11
TABELLA 3.2 – PROFILI MENSILI DEI GGRIF.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
TABELLA 4.1 – TRASMITTANZE TERMICHE DEI COMPONENTI DELL'INVOLUCRO OPACO.....	16
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
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>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE.....	23
5 CONSUMI RILEVATI	24
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	24
5.1.1 <i>Energia termica</i>	24
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	26
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	29
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	34
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	34

6.1.1	Validazione del modello termico	35
6.1.2	Validazione del modello elettrico	36
6.2	FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	38
7	ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	40
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	40
7.1.1	Vettore termico	40
7.1.2	Vettore elettrico	40
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI	43
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	44
7.4	BASELINE DEI COSTI	44
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	46
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI.....	46
8.1.1	Involucro edilizio.....	46
	EEM1: CAPPOTTO ESTERNO.....	46
	EEM2: RIFACIMENTO COPERTURA.....	47
	EEM3: SOSTITUZIONE SERRAMENTI.....	50
8.1.1	Impianto riscaldamento.....	51
	EEM4: SOSTITUZIONE CALDAIA.....	51
	EEM6: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI	53
8.1.2	Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....	54
	EEM5: SOSTITUZIONE LAMPADE.....	54
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	57
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	57
	EEM1: CAPPOTTO INTERNO	57
	EEM2: ISOLAMENTO COPERTURA.....	59
	EEM3: SOSTITUZIONE SERRAMENTI.....	61
	EEM4: SOSTITUZIONE CALDAIA.....	64
	EEM5: SOSTITUZIONE LAMPADE CON LAMPADE A LED	67
	EEM6: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI	70
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	72
	EEM1: CAPPOTTO INTERNO	74
	EEM2: RIFACIMENTO COPERTURA	74
	EEM4: CALDAIA A CONDESAZIONE.....	77
	FINANZIARI:	77
	SINTESI.....	79
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	80
9.3.1	Scenario 1: 15 anni	82
9.3.2	Scenario 2: 25 anni:.....	93
10	CONCLUSIONI	101
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	101
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	102
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	102



ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
ALLEGATO B – ELABORATI.....	B
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		1600
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – edifici adibiti ad attività scolastiche
Superficie utile riscaldata	m ²	1.895,95
Superficie disperdente (S)	m ²	4.379,15
Volume lordo riscaldato (V)	m ³	8.959,80
Rapporto S/V	1/m	0,49
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	m ²	2.415,48
Superficie lorda aree esterne	m ²	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	m ²	2.415,48
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	kW	383
Potenza totale impianto raffrescamento	kW	-
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		-
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	kg/anno	78.454
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	kWh _{th} /anno	87.543
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	€/anno	7.012
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	kWh _{el} /anno	36.948
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	€/anno	7.672

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO INTERNO
- EEM 2: COPERTURA
- EEM 3: SOSTITUZIONE SERRAMENTI
- EEM 4: SOSTITUZIONE CALDAIA
- EEM 5: SOSTITUZIONE LAMPADE
- EEM 6: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI
- SCN 1: CAPPOTTO INTERNO E COPERTURA, SOSTITUZIONE SERRAMENTI, SOSTITUZIONE CALDAIA, VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI
- SCN 2: CAPPOTTO INTERNO E COPERTURA, SOSTITUZIONE SERRAMENTI, SOSTITUZIONE CALDAIA, VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI, SOSTITUZIONE LAMPADE

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	€	%	-		
EEM 1	30.1	19.0	2.656	4.999	0	146.298	10.7	18.7	30	23.117	7.0	0.16	n/a	n/a
EEM 2	1.9	1.2	166	313	0	19.241	3.9	4.6	30	6.204	12.1	0.32	n/a	n/a
EEM 3	3.2	2.0	285	537	0	47.358	30.4	42.1	30	-13.980	-0.2	-0.3	n/a	n/a
EEM 4	25.4	4.0	4216	468	0	35.988	4.4	5.6	15	22.785	16.1	0.63	n/a	n/a
EEM 5	-0.6	-0.4	50	92	0	36.091	18.7	21.2	10	-19.612	-21.0	-0.54	n/a	n/a
EEM 6	23.3	18.3	2.591	3.873	0	7.095	1.1	1.2	15	50.238	84.9	7.08	n/a	n/a
SCN 1	49.8	58.6	8.516	8.052	0	145.773	2.96	3.18	15	83.414	56.3	57.2	1.751	1.981
SCN 2	49.8	67.2	8.516	8.052	0	292.071	3.74	4.34	30	91.510	31.2	31.3	1.302	2.312

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

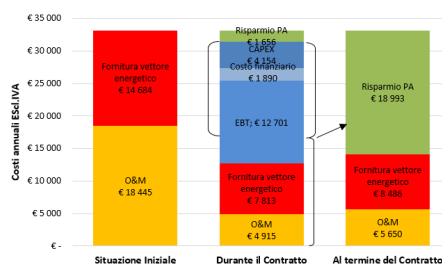
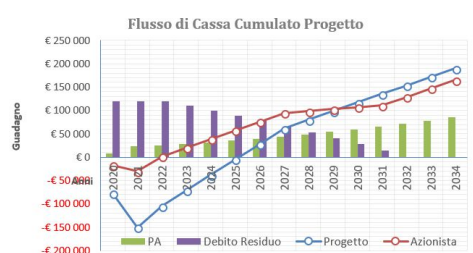
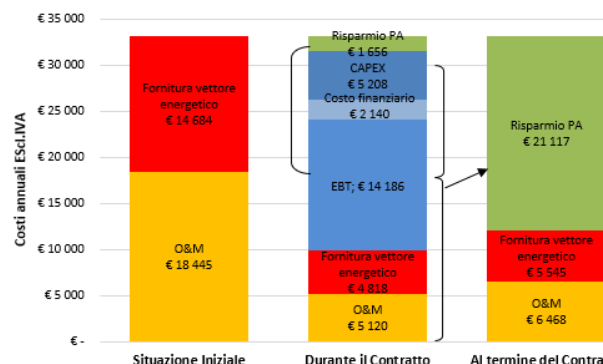
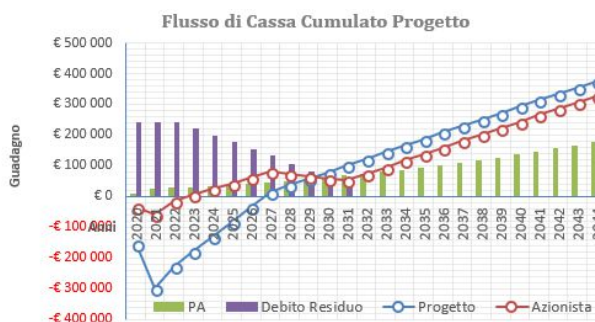


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall'analisi sia a con tempi di ritorno di 15 anni, che con tempi di ritorno di 25 anni, gli interventi risultano convenienti.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

Figura 1.1 - Vista della facciata



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 Fabryca S.r.l.** il cui responsabile per il processo di audit è **l'ing. Luca Bertoni**, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Luca Bertoni, Giordana Brognoli		Sopralluogo in sito
Giordana Brognoli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Paolo Ravera		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Maurizio Toma	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Oscar Battaglia	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Luca Bertoni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU SEZ. VOL F. 31 Mapp. 77 Sub. 1, 3, 4 è sito nel Comune di Genova e più precisamente in Salita Egeo 16.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1600
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – edifici adibiti ad attività scolastiche
Superficie utile riscaldata	m ²	1.895,95
Superficie disperdente (S)	m ²	4.379,15
Volume lordo riscaldato (V)	m ³	8.959,80
Rapporto S/V	1/m	0,49
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	m ²	1.995,15
Superficie lorda aree esterne	m ²	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	m ²	2.415,48
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	kW	383
Potenza totale impianto raffrescamento	kW	-
Tipo di combustibile		Gas metano

Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		-
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	t/anno	78.454
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	kWh _{th} /anno	87.543
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	€/anno	7.012
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	kWh _{el} /anno	36.948
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	€/anno	7.672

Nota (1): Valori di Baseline

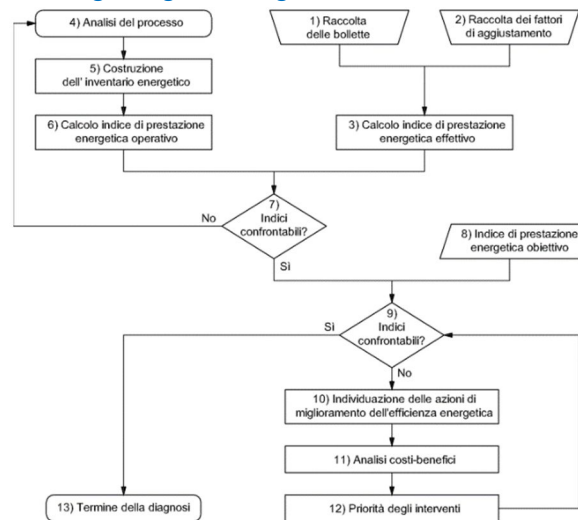
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errorre. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 12/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Leto versione 4.0.2.5 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) certificato n. 80 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.

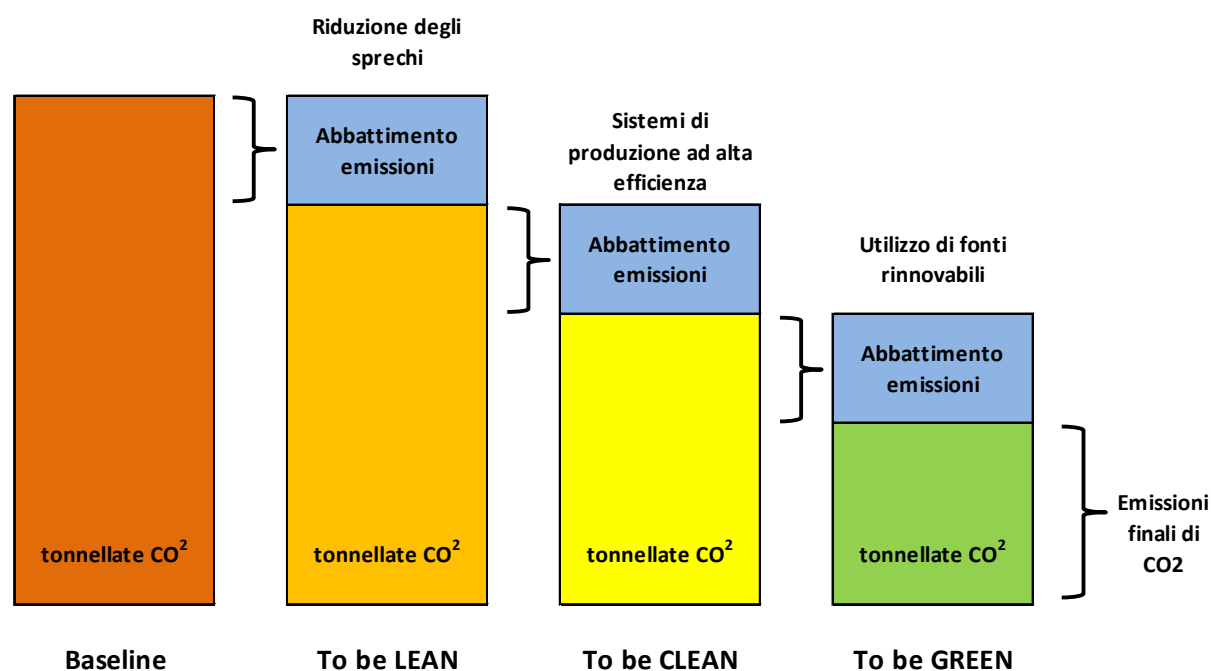
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una EScO;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

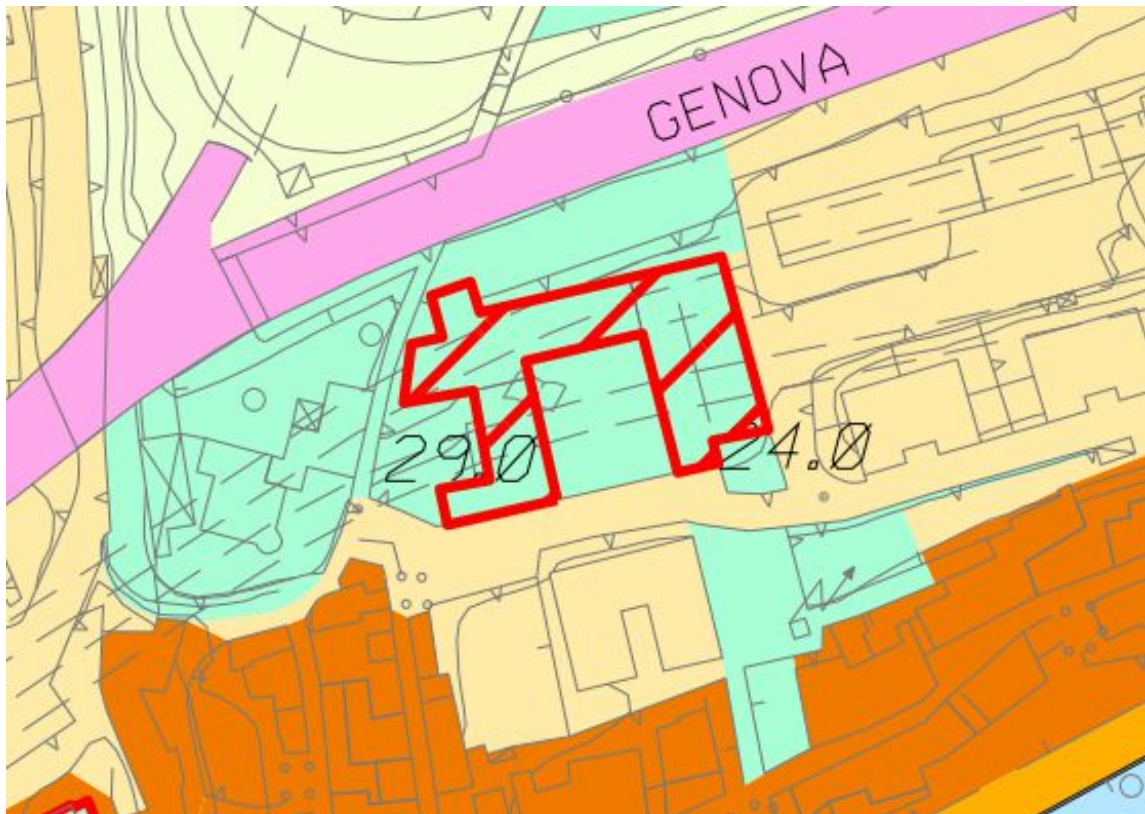
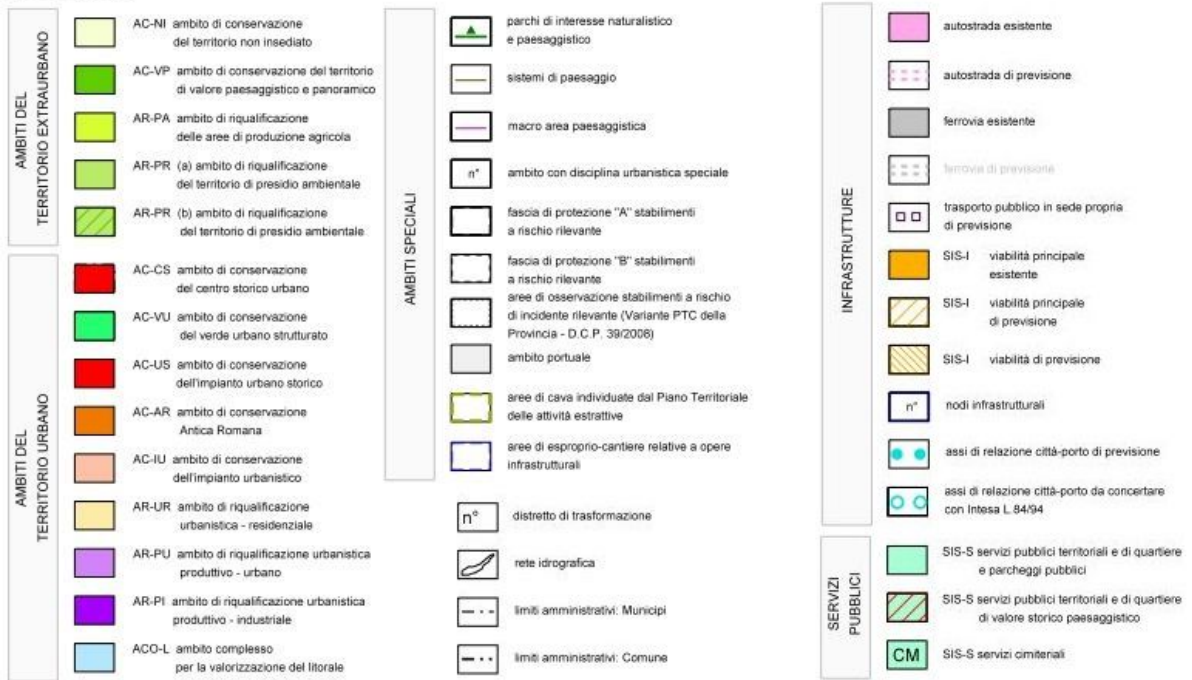
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 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 03/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale
LEGENDA



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

L'edificio ove è ubicata la scuola media A. Ansaldo risale all'incirca al 1600 ed attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche.

La scuola ha la sua sede nello storico edificio del Convento di Sant'Anna in Salita Egeo 16 a Voltri.

All'interno dell'edificio trovano spazio le aule, la mensa, i laboratori didattici, la biblioteca, gli uffici della segreteria didattica e della segreteria del personale di tutto l'Istituto Comprensivo, la presidenza e gli archivi.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra più un piano ammezzato tra piano terra e primo piano, nei quali si sviluppano le varie aule e uffici.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Ingresso, aule	[m ²]	390,20	301,06	0
Primo	Aule	[m ²]	990,84	832,07	0
Ammezzato	Uffici	[m ²]	147,64	113,57	0
Secondo	Aule	[m ²]	786,80	649,25	0
TOTALE		[m ²]	2.315,48	1.895,95	0

Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (3): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

Dal punto di vista storico, la scuola presenta alcuni vincoli per quanto riguarda gli interventi di miglioramento rivolti sulle pareti esterne, esclusa la sostituzione dei serramenti, e la copertura.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

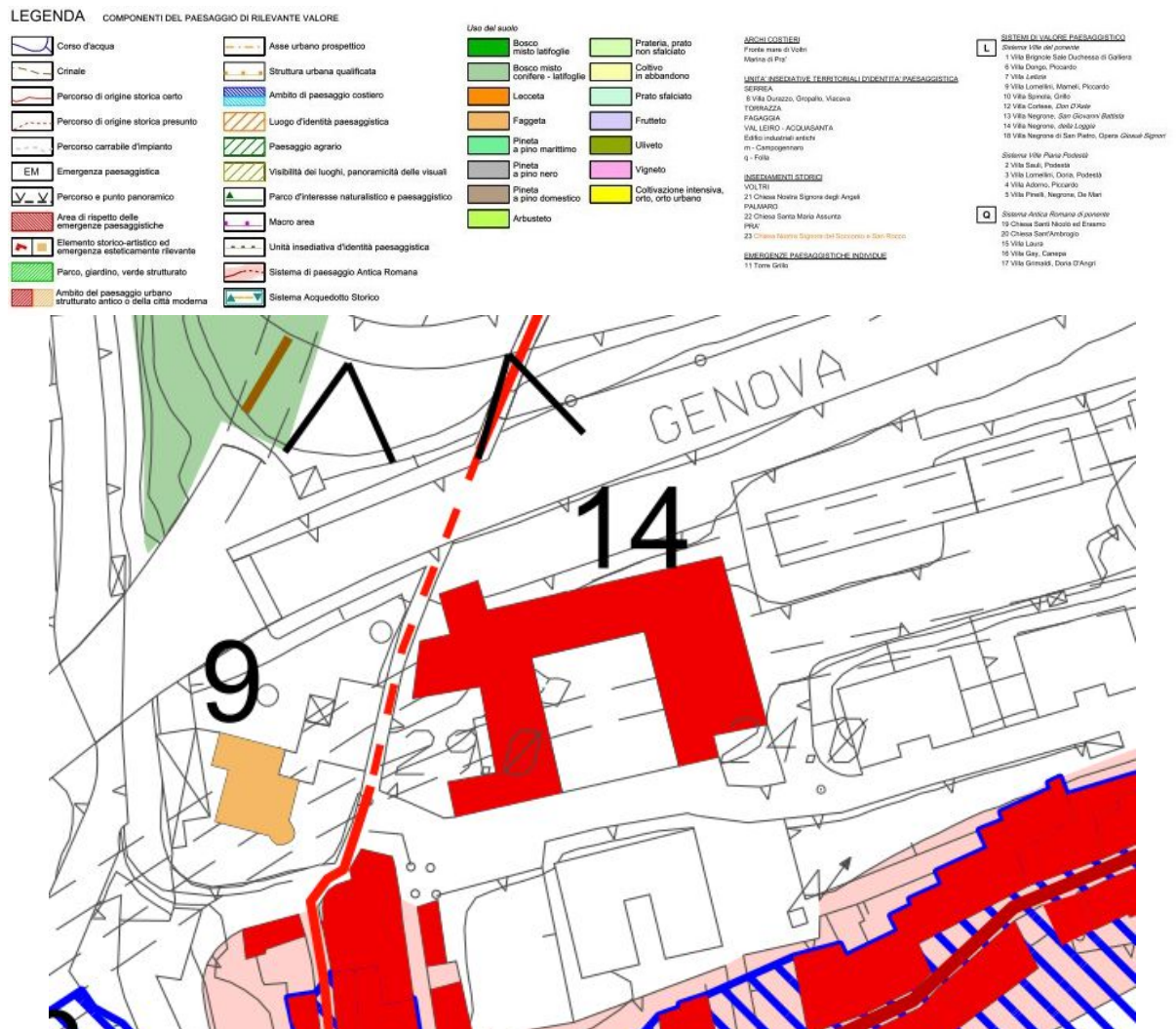
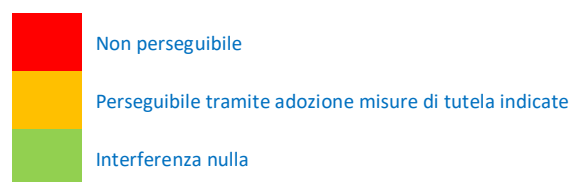


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA (4)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: cappotto esterno involucro opaco	Storico – Artistico	Non perseguibile	-
EEM 2: riqualificazione copertura	Storico – Artistico	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate	Si dovrà optare per un isolamento rivolto verso l'interno
EEM 3: sostituzione dei serramenti	-	Interferenza nulla	-
EEM 4: riqualificazione impianto di riscaldamento	-	Interferenza nulla	-
EEM 5: sostituzione apparecchi illuminanti	-	Interferenza nulla	-
EEM 6: installazione valvole termostatiche	-	Interferenza nulla	-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

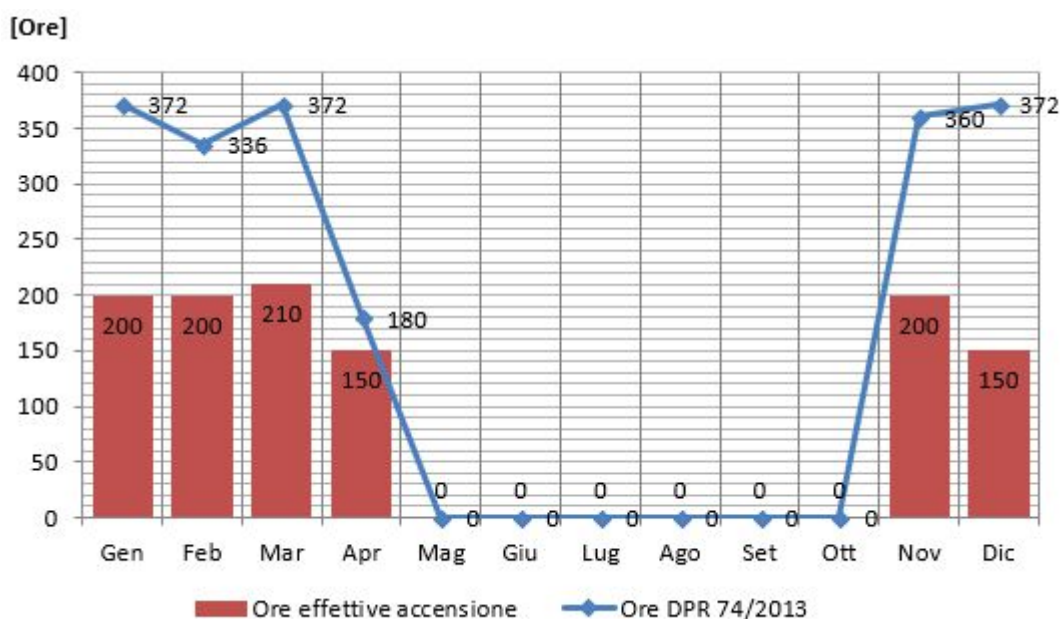
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste al personale e visione del calendario scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal comune e verificati – ove possibile, da sonde di temperatura e umidità interna.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 novembre al 15 aprile	Dal lunedì al venerdì	8.00– 17.00	6.00 – 16.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 15 aprile al 31 ottobre	tutti i giorni	spento	nessuno

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 strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma vengono avviati e spenti secondo un orario che anticipa e posticipa la presenza e l'uscita del personale. Questo viene effettuato per portare a temperatura ottimale e di comfort interno le aule. Tuttavia, durante, ad esempio, le pause pranzo l'impianto lavora anche senza la presenza di studenti in aula.

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.

Ove presenti, all'interno del contratto di Servizio Energia sono stati inseriti la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di climatizzazione estiva.
Tale contratto è stato stipulato sicuramente dal 2014.

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 10 ore al giorno (DPR 74/2013).

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i 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	20	187	20%
Aprile	30	15,3	15	71	20	21	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	21	15	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	0	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	0	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	0	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	0	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	0	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	20	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	111	926	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA – PEGLI:

- Longitudine Gradi° Primi' Secondi'' 8° 49' 28.56'
- Latitudine Gradi° Primi' Secondi'' 44° 25' 56.172''
- Altezza sul livello del mare (m) 69.

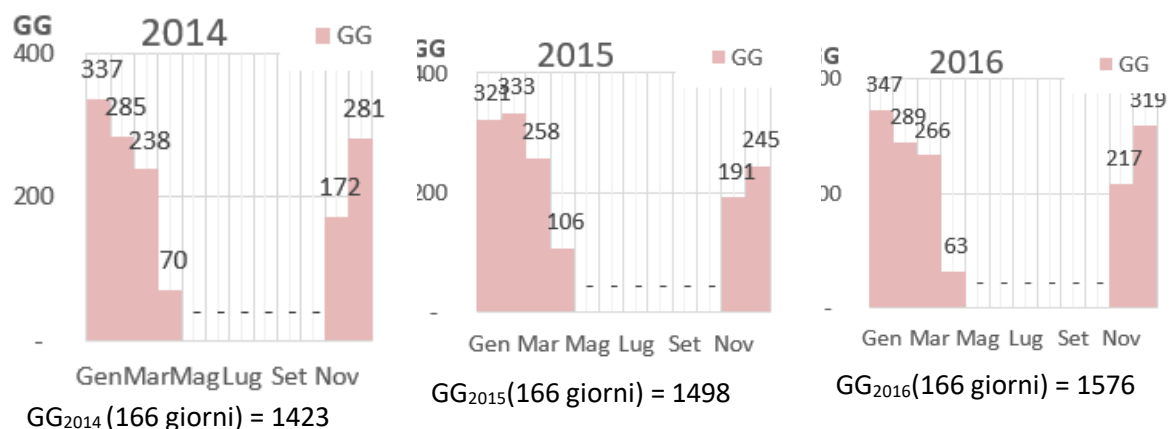
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

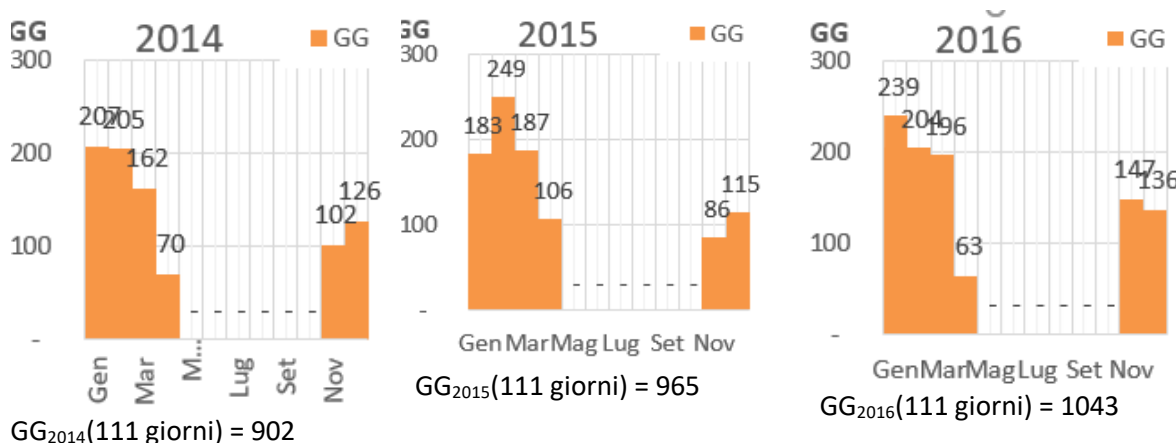


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 928 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG aumenta nel triennio di analisi, indicando un sensibile aumento delle temperature esterne.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico blocco strutturale storico, presumibilmente in pietra e mattoni intonacati. La copertura, probabilmente in legno, si affaccia su un sottotetto non isolato. La struttura poggia su terreno.

Una parte dell'edificio è adibita ad archivio storico e quindi non risulta riscaldata.

I serramenti di sostituzione recente sono per la maggior parte in telaio di legno con vetro doppio.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



La morfologia dell'edificio, pareti spesse e copertura e pavimento non isolati, incide molto sul suo comportamento termico.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che trattandosi di un edificio di valenza storica e oggetto di un recente intervento architettonico, non è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro stesso.

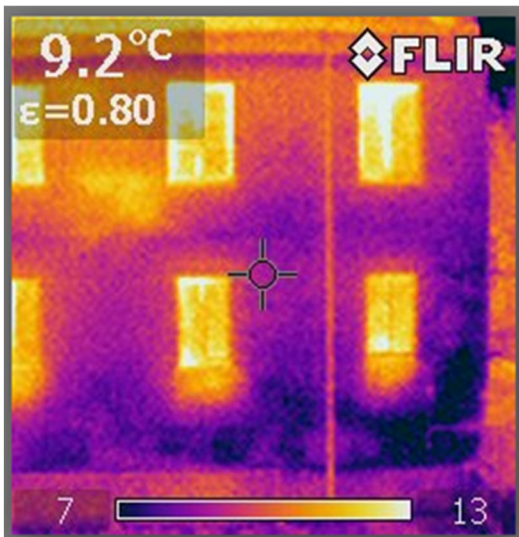
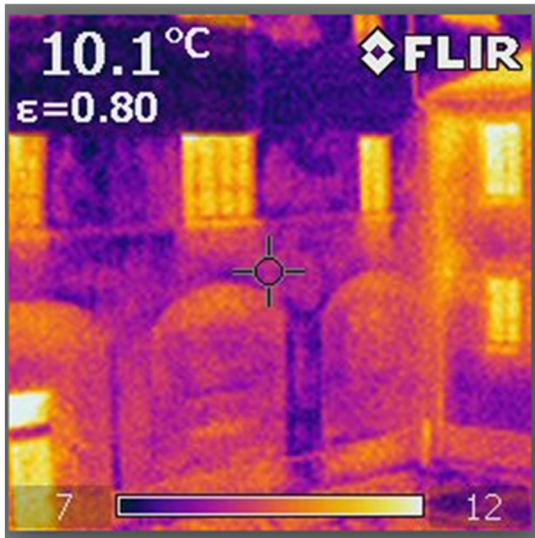
Figura 4.2 - Particolare della facciata



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro e delle modalità di utilizzo degli ambienti interni si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera per determinare la posizione delle irregolarità termiche;
- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoigrometriche con frequenza di acquisizione ogni 30'.

Non si è proceduto alla verifica delle trasmittanze di parete mediante termoflussimetro, non avendo riscontrato, per il posizionamento dello strumento nelle zone in cui la misura poteva ritenersi significativa, le condizioni di sicurezza richieste per una misura validabile, per il tempo necessario.



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

Dal 12 dicembre 2017 al 24 gennaio 2018 è stata posizionata, inoltre, all'interno dell'edificio scolastico, una sonda che ha rilevato in continuo i valori di temperatura ed umidità relativa, i cui risultati sono riportati in allegato - UT 106.

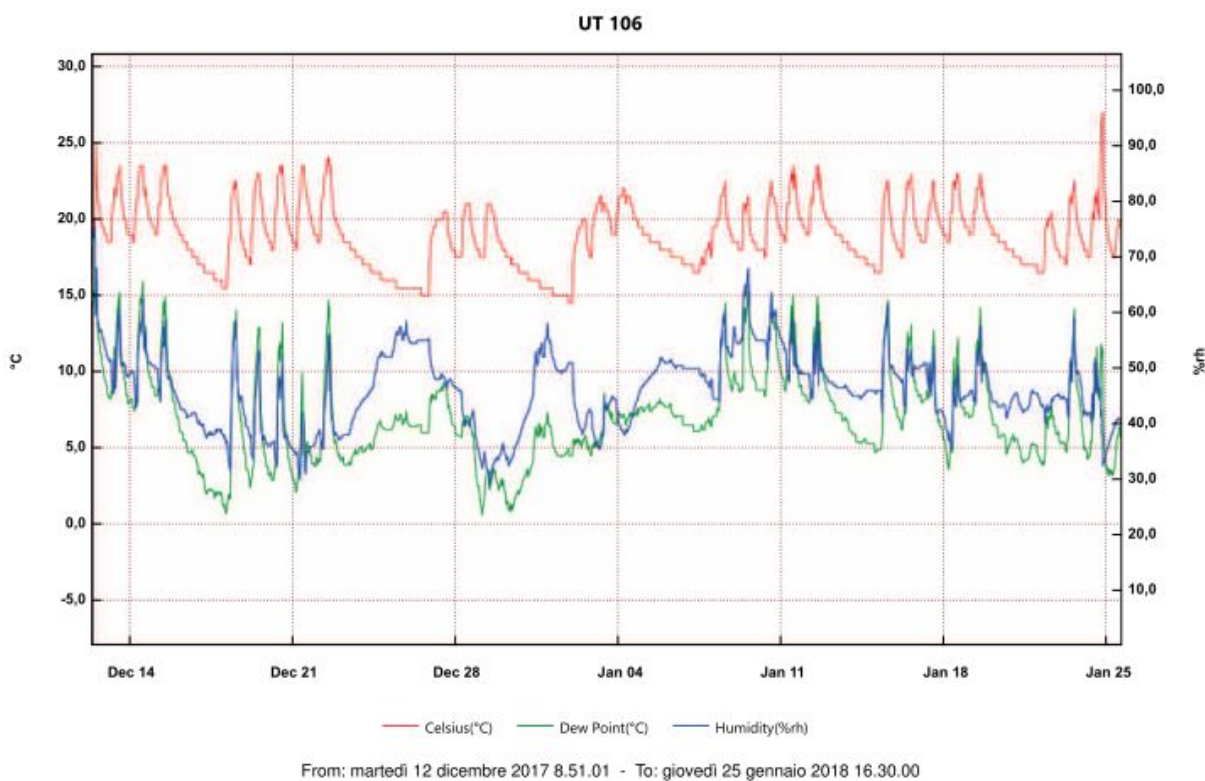
La sonda è stata posizionata in un'aula con presenza costante di studenti. Interrogando il corpo docenti sullo stato di comfort dell'istituto, si è cercato di posizionare la sonda nella zona più "critica" dell'istituto (o la più fredda o la più calda) per avere risultati significativi e utili ai fini della diagnosi.

Il grafico riporta le seguenti informazioni:

- la linea rossa riporta i valori di temperatura in °C, secondo la scala graduata a sinistra;
- la linea blu riporta i valori di umidità relativa, secondo la scala graduata sulla destra;
- la linea verde riporta il valore di temperatura (cd. temperatura di rugiada)

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

Dal grafico si nota che le temperature si mantengono – durante le giornate di lezione, sempre tra i 16 e i 23 °C. I picchi si registrano sempre tra le 12:00 e le 16:00 (come in allegato).



In Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali sono riportati i dettagli delle analisi strumentali.

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	
Copertura	E769 - Copertura	30	Assente	0,631	Buono
Parete verticale	E769 - M1	55	Assente	1,288	Sufficiente
Parete verticale	E769 - M2	25	Assente	1,395	Buono
Parete verticale	E769 - M3	35	Assente	1,804	Buono
Parete verticale	E769 - M4	70	Assente	1,060	Sufficiente
Pavimento	E769 - Pavimento	30	Assente	1,151	Buono
Porta	E769 - Porta	10	Assente	1,705	Buono
Pavimento controterra	E769 - Pavimento CT	30	Assente	1,272	Buono

4.1.2 Involucro trasparente

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

Lo stato di conservazione degli stessi è abbastanza buono.

Figura 4.3 - Particolare dei serramenti

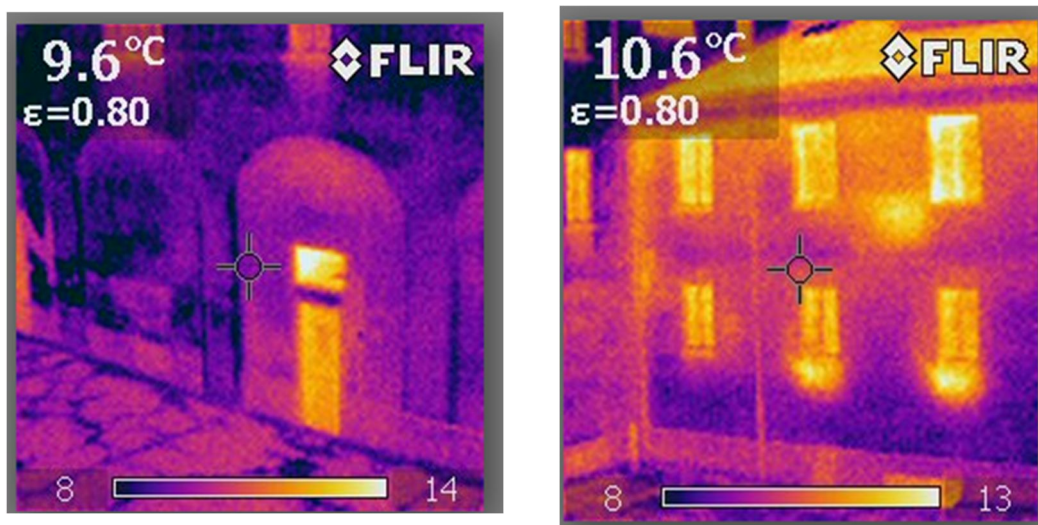


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro e delle modalità di utilizzo degli ambienti interni si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera per determinare la posizione delle irregolarità termiche;
- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoigrometriche con frequenza di acquisizione ogni 30'.

Non si è proceduto alla verifica delle trasmittanze di parete mediante termoflussimetro, non avendo riscontrato, per il posizionamento dello strumento nelle zone in cui la misura poteva ritenersi significativa, le condizioni di sicurezza richieste per una misura validabile, per il tempo necessario.

Figura 4.4 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI HxL cm	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA W/mqK	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	90x70	Legno	Vetro doppio	2,354	Buono
Serramento verticale	F2	140x100	Legno	Vetro doppio	2,424	Buono
Serramento verticale	F3	120x230	Legno	Vetro doppio	2,473	Buono
Serramento verticale	F4	150x60	Legno	Vetro doppio	2,354	Buono
Serramento verticale	F5	100x60	Legno	Vetro doppio	2,278	Buono
Serramento verticale	F6	50x70	Legno	Vetro doppio	2,246	Buono
Serramento verticale	F7	110x170	Legno	Vetro doppio	2,429	Buono
Serramento verticale	F8	430x220	Alluminio	Vetro doppio	2,684	Buono
Serramento verticale	F9	130x230	Alluminio	Vetro doppio	2,681	Buono
Serramento verticale	F10	1270x220	Alluminio	Vetro doppio	2,681	Buono
Serramento verticale	F11	110x220	Legno	Vetro doppio	2,455	Buono
Serramento verticale	F12	120x150	Legno	Vetro doppio	2,448	Buono
Serramento verticale	F13	150x240	Legno	Vetro doppio	2,511	Buono
Serramento verticale	F14	110x230	Legno	Vetro doppio	2,458	Buono
Serramento verticale	F15	200x220	Legno	Vetro doppio	2,548	Buono
Serramento verticale	F16	200x230	Legno	Vetro doppio	2,475	Buono
Serramento verticale	F17	70x130	Legno	Vetro doppio	2,408	Buono
Serramento verticale	F18	130x245	Legno	Vetro doppio	2,487	Buono
Serramento verticale	F19	110x130	Legno	Vetro doppio	2,414	Buono
Serramento verticale	F20	205x165	Legno	Vetro doppio	2,427	Buono
Serramento verticale	F21	130x115	Legno	Vetro doppio	2,429	Buono
Serramento verticale	F22	80x140	Legno	Vetro doppio	2,438	Buono
Serramento verticale	F23	110x180	Legno	Vetro doppio	2,445	Buono
Serramento verticale	F24	130x180	Legno	Vetro doppio	2,475	Buono
Serramento verticale	F25	200x180	Legno	Vetro doppio	2,533	Buono
Serramento verticale	F26	110x145	Legno	Vetro doppio	2,420	Buono
Serramento verticale	F27	110x270	Legno	Vetro doppio	2,468	Buono
Serramento verticale	F28	120x220	Legno	Vetro doppio	2,474	Buono
Serramento verticale	F29	110x280	Legno	Vetro doppio	2,470	Buono
Serramento verticale	F30	110x200	Legno	Vetro doppio	2,451	Buono
Serramento verticale	F31	100x270	Legno	Vetro doppio	2,418	Buono

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da n.1 caldaia tradizionale per la climatizzazione invernale.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete

Figura 4.6 – Particolare dei radiatori



Figura 4.7 - Particolare dei radiatori



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 (UNI TS 11300:2)

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola	Radiatori su parete	98,80%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

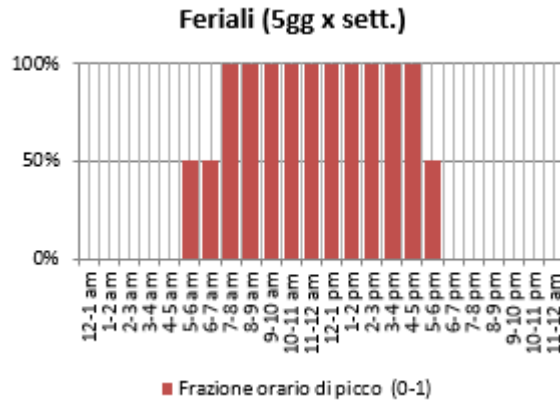
PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA
			kW	kW
Terra	Radiatore su parete	14	2,896	40,549
Ammezzato	Radiatore su parete	7	1,543	10,802
Primo	Radiatore su parete	25	2,959	73,980
Secondo	Radiatore su parete	24	3,356	80,541
TOTALE		70		208,872

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 e Allegato E – Mappatura termosifoni E769.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento. Non sono presenti termostati ambiente.

Figura 4.5 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica scuola



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola	Climatica	73,07

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito secondario di mandata ai radiatori (fluido termovettore acqua).

Circuito secondario è presente una pompa di circolazione gemellare il circuito secondario così denominato:

- Zona 1: scuola

Dai rilievi effettuati è stato possibile ricavare solo la potenza assorbita dalle pompe

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁷⁾ m ³ /h	PREVALENZA ⁽⁷⁾ kPa	POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾ kW
Zona 1 P5/A - P5/B	mandata acqua calda	-	-	0,48

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

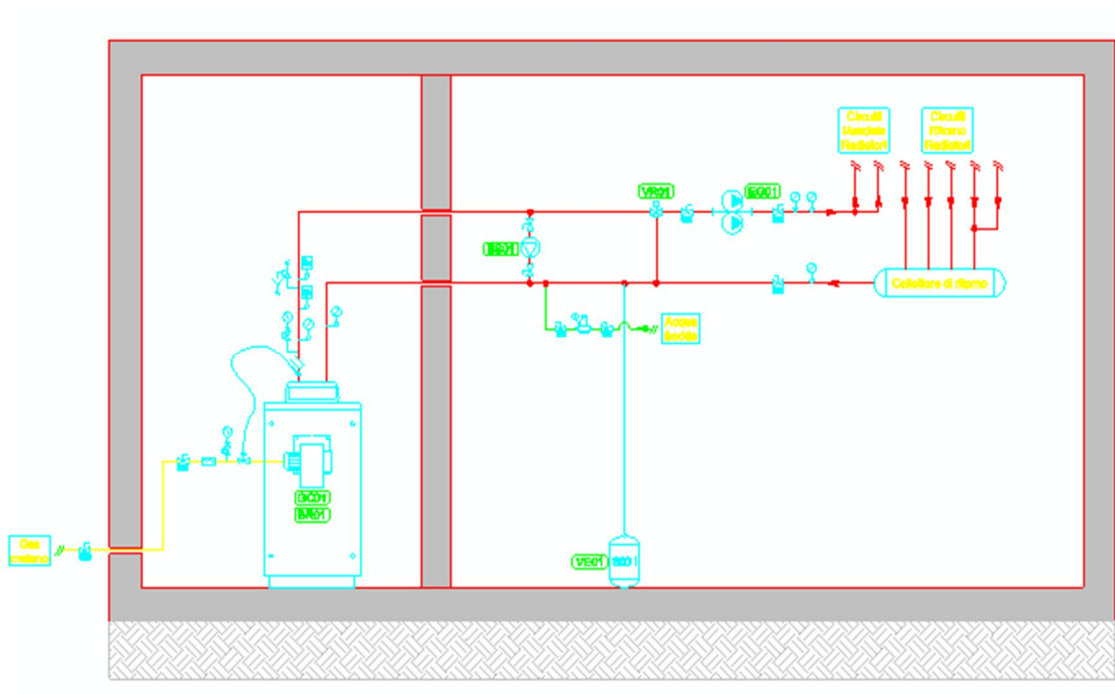
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Zona 1	Mandata	Caldo	Non rilevata	70
	Ritorno	Caldo	Non rilevata	40

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Figura 4.6 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 98.80%. 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 n.1 caldaia tradizionale.

Figura 4.7 - Particolare del generatore



Le caratteristiche dei sistemi 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	THERMITAL	NG 300	1996	383	349	94%	383

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 75,60%

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 ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme e sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche (UNI TS 11300:2)

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE W	POTENZA COMPLESSIVA W	ORE ANNUE DI UTILIZZO ore
Scuola	PC 1	2	100	200	1.800
Scuola	PC 2	12	100	1.200	2.025
Scuola	PC 3	17	600	10.200	2.070
Scuola	PC 4	1	600	600	1.610
Scuola	Lavagna interattiva	3	200	600	2.025

L'elenco riportato in tabella 4.13 fa riferimento alle principali utenze elettriche rilevate nell'edificio scolastico oltre all'illuminazione. Le utenze elettriche presenti nelle aule dedicate al ristoro del corpo insegnante e di altro personale non sono riportati nella precedente tabella in quanto non significativi. Sono tuttavia state elencate nell'Allegato E - Schema energetico – E769 con specifiche caratteristiche.

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:

- Rilievo con censimento di tutte le utenze elettriche e interviste al personale sulle ore di utilizzo / funzionamento
- Realizzazione di un modello energetico elettrico dove per ciascun'utenza rilevata sono state indicate le ore e i giorni di utilizzo, numero e potenza elettrica installata, fattori di contemporaneità e di carico che hanno permesso di individuare il consumo annuo totale di tutte le utenze elettriche in funzione dei consumi rilevati da bolletta.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli apparati ICT vengono utilizzati quasi per l'intera giornata
- Le altre utenze vengono usate solo in caso di necessità.

L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit e in Allegato E - Schema energetico – E769.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, principalmente neon e fluorescenti da 36, 58 e 18 W.

L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA W	POTENZA COMPLESSIVA W
Scuola	Fluorescente	300	36	10.800
Scuola	Fluorescente	20	18	360
Scuola	Fluorescente	5	58	290

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 e in Allegato E - Schema energetico – E769.

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

Nel 2014 è stata effettuata una conversione da gasolio a gas metano, ma essendo tale valore significativo per la baseline non è stato inserito.

5.1.1 Energia termica

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

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI	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 (*)	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 (*)	0,85	n/a	n/a	10,09

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1;

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	Combustibile	2014	2015	2016	2014	2015	2016	
			lt	Sm ³	Sm ³	Sm ³	kWh	kWh	kWh
16220050604781	Riscaldamento	Gasolio	19.000	0	0	0	202.710	136.011	120.171
		Gas metano	0	1.169	14.439	12.757			

Non è stato possibile effettuare un'analisi dei consumi mensili per il triennio di riferimento in quanto non disponibili.

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 3.2;

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

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

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

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

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 per l'ACS nel triennio di riferimento;

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

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

Anno	Ggreali su 166 giorni reali di occupazione	GG _{Rif}	Consumo Reale Smc	Consumo Reale kWh	Fattore di normalizzazione α_{rif}	Consumo normalizzato a 1421 GG kWh
2014	1.423	1.421	1.169	11.015	7,7	11.003
2015	1.498	1.421	14.439	136.054	90,8	129.029
2016	1.576	1.421	12.757	120.205	76,3	108.473
Media	1.499	1.421	9.455	89.092	59,5	84.487

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento costante dei consumi tranne che per il 2014 periodo in cui c'è stato il passaggio dall'uso del gasolio all'uso del gas metano.

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

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	Kwh
\bar{Q}_{ACS}	0
\bar{Q}_{ALTRO}	0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	[...]
$Q_{baseline}$	84.487

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola media;

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		kWh	kWh	kWh	kWh
IT001E00096469	Scuola media	36.616	38.276	35.951	39.147
TOTALE		36.616	38.276	35.951	39.147

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-E769 e sono emerse le seguenti differenze: per l'anno 2015 e 2016 i consumi forniti dalla PA sono maggiori rispetto a quelli individuati dalle bollette.

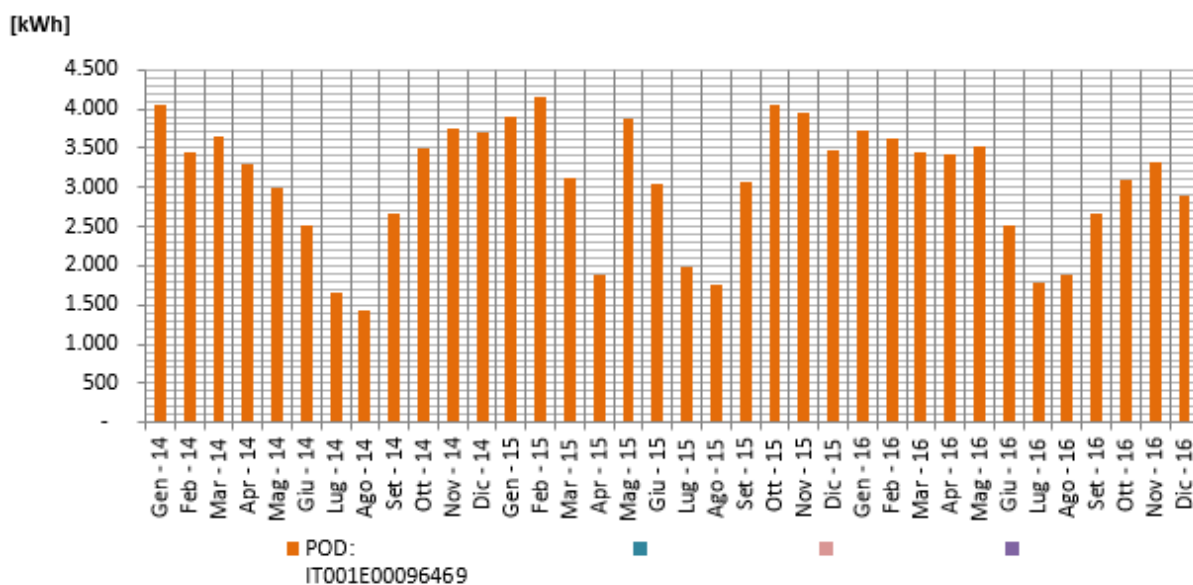
L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 36.948 kWh.

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

POD: IT001E00096469	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	kWh	kWh	kWh	kWh
Gen - 14	2.648	513	884	4.045
Feb - 14	2.232	491	732	3.455
Mar - 14	2.345	526	773	3.644
Apr - 14	2.039	484	765	3.288
Mag - 14	1.885	463	638	2.986
Giu - 14	1.335	481	688	2.504
Lug - 14	787	347	534	1.668
Ago - 14	617	296	513	1.426
Set - 14	1.650	442	580	2.672
Ott - 14	2.360	495	637	3.492
Nov - 14	2.318	532	899	3.749
Dic - 14	2.217	539	931	3.687
Totale	22.433	5.609	8.574	36.616
POD: IT001E00096469	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	kWh	kWh	kWh	kWh
Gen - 15	2.462	581	862	3.905
Feb - 15	2.733	608	817	4.158
Mar - 15	2.002	459	652	3.113
Apr - 15	1.235	285	373	1.893
Mag - 15	2.251	634	996	3.881
Giu - 15	1.565	608	863	3.036
Lug - 15	890	424	673	1.987
Ago - 15	736	392	636	1.764
Set - 15	1.654	548	872	3.074
Ott - 15	2.543	650	857	4.050
Nov - 15	2.553	564	832	3.949
Dic - 15	2.131	479	856	3.466
Totale	22.755	6.232	9.289	38.276
POD: IT001E00096469	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	kWh	kWh	kWh	kWh
Gen - 16	2.334	534	866	3.734
Feb - 16	2.431	515	690	3.636
Mar - 16	2.141	535	780	3.456
Apr - 16	2.122	549	762	3.433
Mag - 16	2.273	510	730	3.513
Giu - 16	1.340	508	670	2.518
Lug - 16	740	406	650	1.796
Ago - 16	804	399	682	1.885
Set - 16	1.477	515	667	2.659
Ott - 16	1.969	495	642	3.106
Nov - 16	2.232	484	597	3.313
Dic - 16	1.848	453	601	2.902
Totale	21.711	5.903	8.337	35.951

Figura 5.1 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



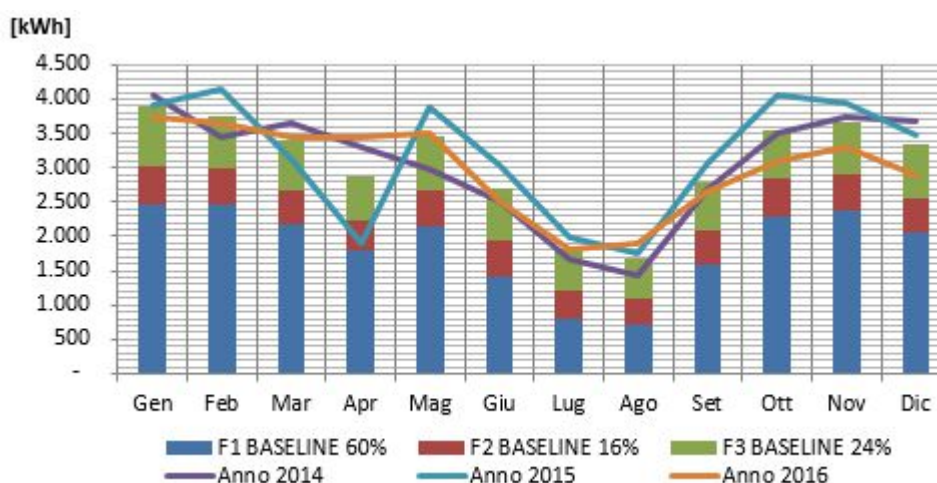
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	2.481	543	871	3.895
Feb	2.465	538	746	3.750
Mar	2.163	507	735	3.404
Apr	1.799	439	633	2.871
Mag	2.136	536	788	3.460
Giu	1.413	532	740	2.686
Lug	806	392	619	1.817
Ago	719	362	610	1.692
Set	1.594	502	706	2.802
Ott	2.291	547	712	3.549
Nov	2.368	527	776	3.670
Dic	2.065	490	796	3.352
Totale	22.300	5.915	8.733	36.948

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico in Figura 5.2.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti simili per i tre anni analizzati, con consumi maggiori nel periodo di attività scolastica e calo nei mesi estivi (luglio – agosto).

Non è stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

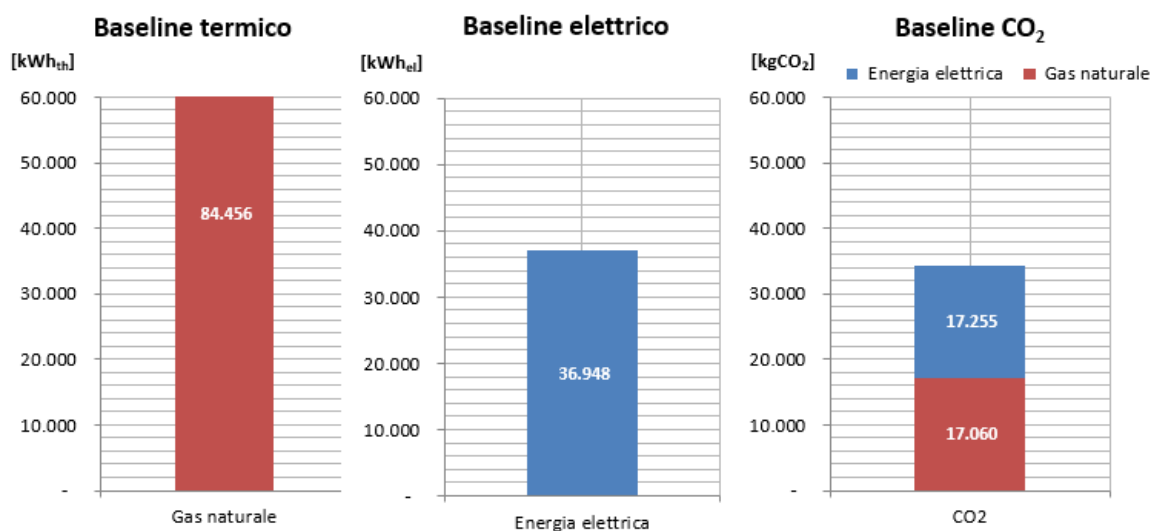
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	kWh	kgCO ₂ /kWh	kgCO ₂
Gas naturale	84.456	0,202	17.060
Energia elettrica	36.948	0,467	17.255
GPL	191.701	0,227	43.516
Gasolio	-	0,267	-
TOTALE			77.831

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

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

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

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

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

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.895,95	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	6.595,5	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	8.959,8	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	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	87.543	1,05	91.920	48,5	39,7	10,3	9,33	7,64	1,97
GPL o gasolio	191.701	1,07	201.586	47,2	86,9	22,5	22,96	18,03	4,66
Energia elettrica	36.948	2,42	89.413	47,2	38,6	10	9,11	7,45	1,93
TOTALE									

Tabella 5.13 – 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	84.456	1,05	88.679	46,8	38,3	9,9	9,00	7,37	1,90
GPL o gasolio	191.701	1,05	201.286	106,2	86,9	22,5	22,96	18,79	4,86
Energia elettrica	36.948	1,95	72.048	38,0	31,1	8,0	9,11	7,45	1,93
TOTALE			362.013	191	156	40	41	34	9

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

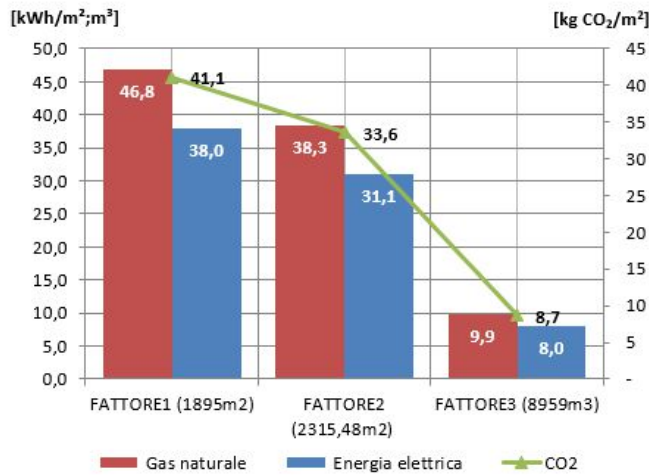
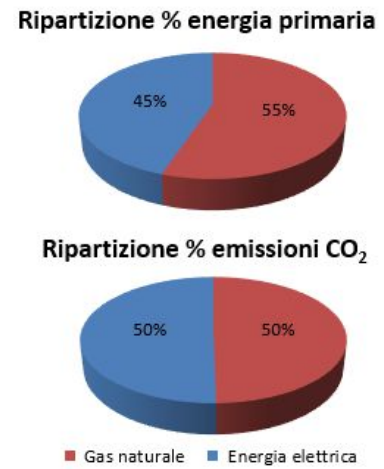


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	62	41	37	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	14.23	14.88	13.97

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo una classe di merito insufficiente sia per il riscaldamento sia per l'energia elettrica. Si veda dettaglio dei risultati nell'Allegato M.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	213,80	206,86
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	181,26	180,65
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,00	0,00
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,00	0,00
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,00	0,00
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	32,54	26,22
Trasporto di persone e cose	EP _{Tr}	kWh/mq anno	0,00	0,00
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	45,40	43,93

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	m ³ /anno	kWh/anno
	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
	kWh/anno	
Gas Naturale	36.453	342.331
Energia Elettrica	39.169	39.169

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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:

- Ore e giorni reali di funzionamento dell'impianto
- Temperature reali esterne (GG reali) ed interne (uso sonda di temperatura interna)
- Indici di affollamento: valutato l'indice di affollamento in funzione del numero di persone presenti e della superficie occupata da persone
- Rendimento generatore: dal dato di progetto si passa al valore dichiarato da prova fumi
- Indice di affollamento: viene ridotto l'indice di affollamento ipotizzando di ridurre l'indice rispetto alle condizioni standard, dimezzando il numero delle persone presenti nell'istituto.

Nella

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,ren}$	kWh/mq anno	81.07	55.39
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	48.53	48.37
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0	0
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	8.71	7.02
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	12.16	11.76

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	9.760	91.969
Energia Elettrica	--	39.169

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)

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
87.945	84.456	4

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)

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
37.948	36.948	3

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

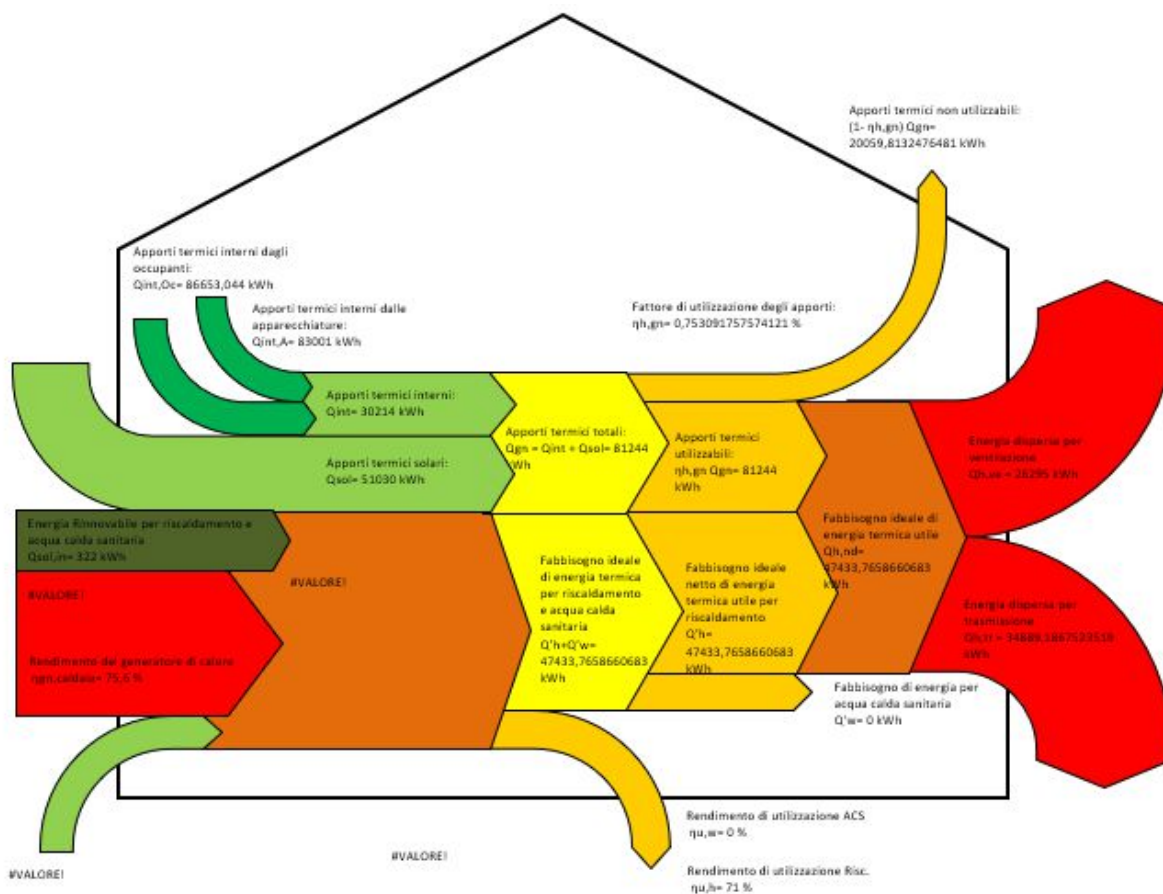
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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.

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

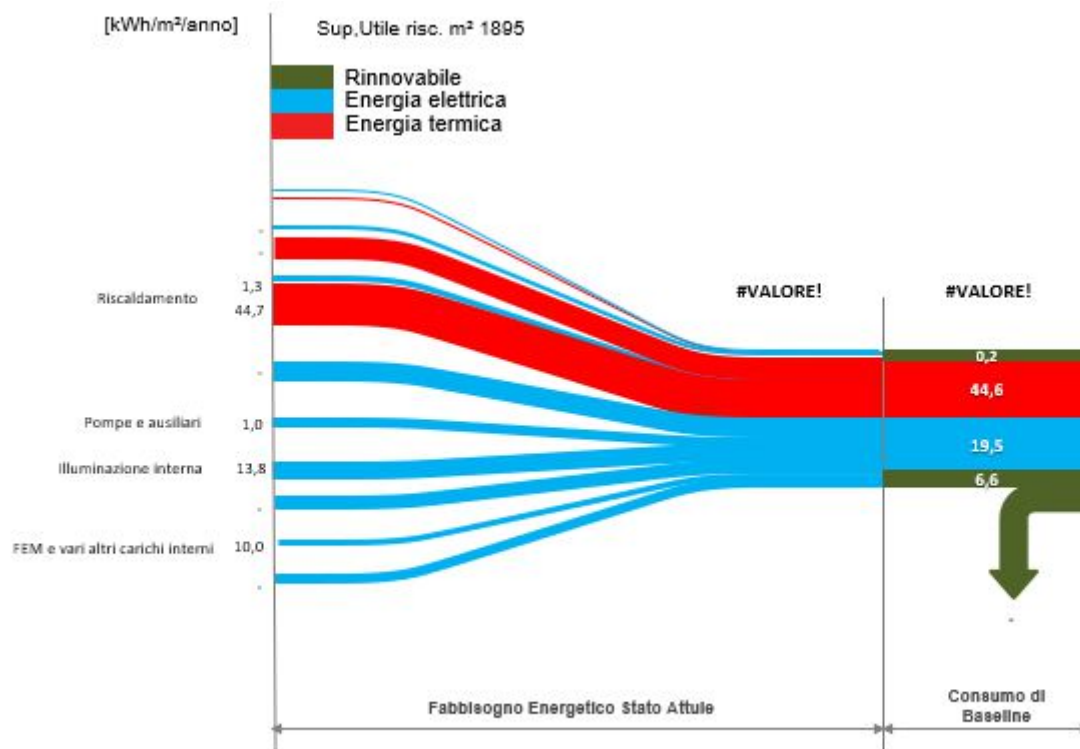
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'edificio presenta dei rendimenti globali medi stagionali bassi per riscaldamento. Questo è facilmente intuibile se consideriamo il fabbisogno globale di energia per riscaldamento e acs. Le perdite per ventilazione e trasmissione risultano molto alte, e questo rispecchia lo stato di fatto dell'immobile.

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

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



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

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

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

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

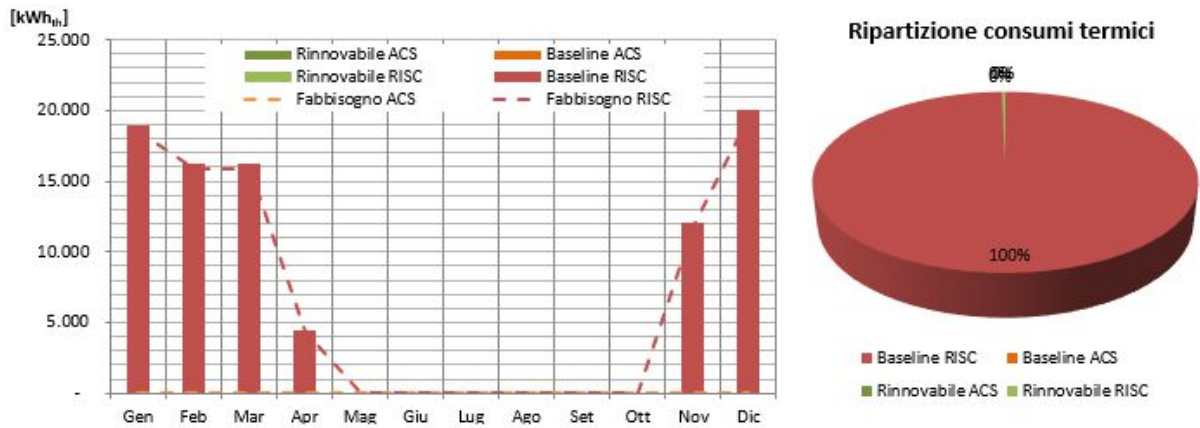
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che la maggior richiesta di energia è relativa alla parte di energia termica (con una quota di rinnovabile molto bassa).

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali.

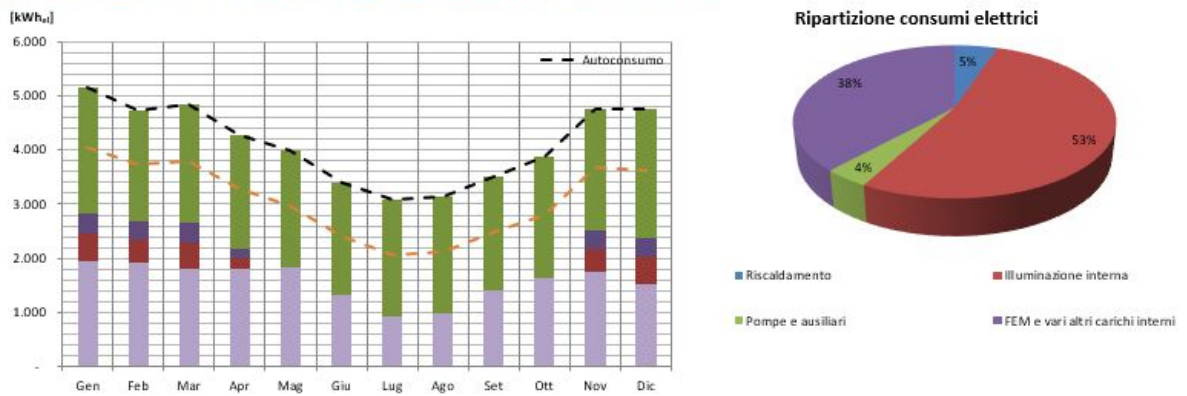
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 16220050604781: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096469: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00096469	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	SALITA EGEO 16		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1		
Società di fornitura	EDISON spa	GALA spa	IREN spa
Inizio periodo fornitura	01-10-2013	Aprile 2015	Aprile 2016
Fine periodo fornitura	Aprile 2015	Aprile 2016	-
Potenza elettrica impegnata	29,70	27,00	27,00
Potenza elettrica disponibile	29,70	29,70	29,70
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi della fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	12	15	15

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (2): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il fornitore è stato sostituito ogni anno, che la potenza elettrica impegnata e disponibile sono nel tempo rimaste costanti.

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

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

POD: IT001E00096469	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	171	12	154	22	35	394	4.045	0,097
Feb - 14	311	12	334	43	70	769	3.455	0,223
Mar - 14	327	12	348	46	73	806	3.644	0,221
Apr - 14	309	12	329	41	69	760	3.288	0,231
Mag - 14	280	12	305	37	63	698	2.986	0,234
Giu - 14	230	12	239	31	51	564	2.504	0,225
Lug - 14	178	12	224	25	43	482	1.668	0,289
Ago - 14	126	12	190	18	35	381	1.426	0,267
Set - 14	245	12	283	33	57	631	2.672	0,236
Ott - 14	318	12	353	44	73	799	3.492	0,229
Nov - 14	333	12	374	47	77	843	3.749	0,225
Dic - 14	321	14	368	46	-	748	3.687	0,203
Totale	3.150	146	3.500	433	646	7.874	36.616	0,215
POD: IT001E00096469	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	326	12	374	49	-	760	3.905	0,195
Feb - 15	336	12	393	52	-	792	4.158	0,191
Mar - 15	319	12	373	49	-	753	3.113	0,242
Apr - 15	110	14	200	24	-	348	1.893	0,184
Mag - 15	217	14	354	49	-	633	3.881	0,163
Giu - 15	165	14	289	38	-	505	3.036	0,166
Lug - 15	103	14	211	25	-	354	1.987	0,178
Ago - 15	89	14	194	22	-	319	1.764	0,181
Set - 15	152	14	298	38	1	503	3.074	0,164
Ott - 15	185	14	389	51	-	639	4.050	0,158
Nov - 15	171	14	381	49	-	616	3.949	0,156
Dic - 15	151	14	341	43	-	550	3.466	0,159
Totale	2.324	161	3.798	489	1	6.773	38.276	0,177
POD: IT001E00096469	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	164	14	337	47	-	562	3.734	0,151
Feb - 16	148	14	330	45	-	538	3.636	0,148
Mar - 16	133	14	316	43	-	507	3.456	0,147
Apr - 16	588	497		87	117	1.289	3.433	0,375
Mag - 16						-	3.513	-

Giu - 16	245	184		31	46	506	2.518	0,201
Lug - 16	215	134		22	37	409	1.796	0,228
Ago - 16	209	140		24	37	410	1.885	0,218
Set - 16	289	193		29	51	562	2.659	0,211
Ott - 16	351	224		39	61	675	3.106	0,217
Nov - 16	396	238		36	67	738	3.313	0,223
Dic - 16	344	210		36	59	649	2.902	0,224
Totale	3.080	1.864	984	440	476	6.845	35.951	0,190

Per l'anno 2016 non è stato possibile individuare i costi per il mese di maggio, mentre gli oneri di sistema parte fissa e parte variabile non erano separati ma forniti insieme.

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

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

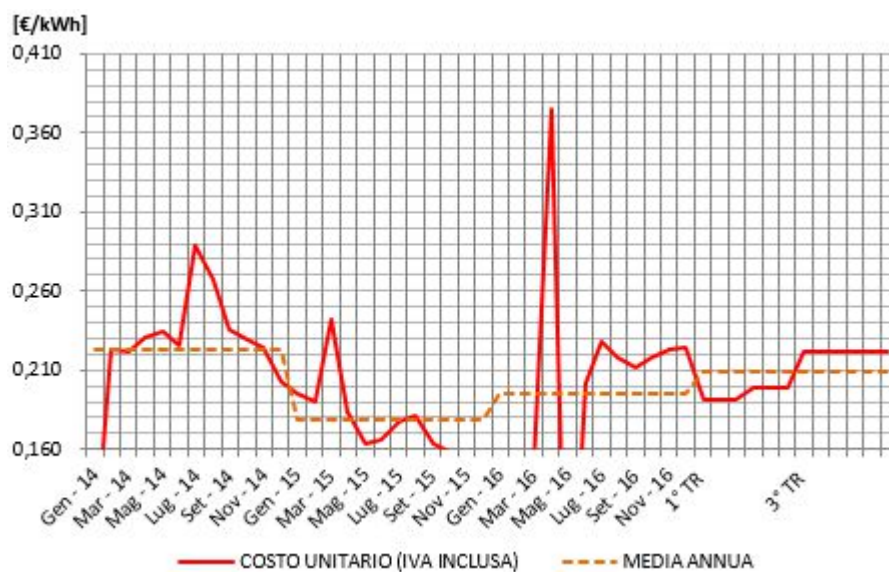
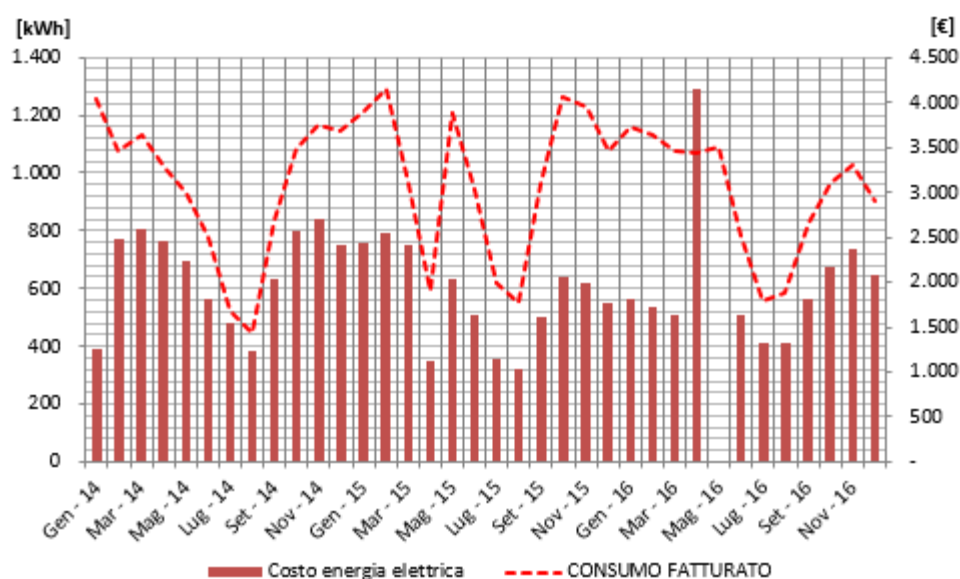


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è costante e regolare con le attività didattiche, tranne il mese di aprile 2016 nel quale si nota un picco di costo dell'energia che può essere ritenuto come la somma dei costi di aprile e maggio 2016 che sono stati forniti insieme.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[€]	[KWh]	[€/kWh]	[€]	[KWh]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	7.874	36.616	0,215	7.874
2015	-	-	-	6.773	38.276	0,177	6.773
2016	-	-	-	6.845	35.951	0,190	6.845
2017	-	-	0,0801	-	-	0,208	-
Media	-	-	0,0801	7.164	36.948	0,20	7.164

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0,0801 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,208 [€/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:

- L1-042-047-E769: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 18.445,08 €.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.5.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o 16.601	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s 1.845	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

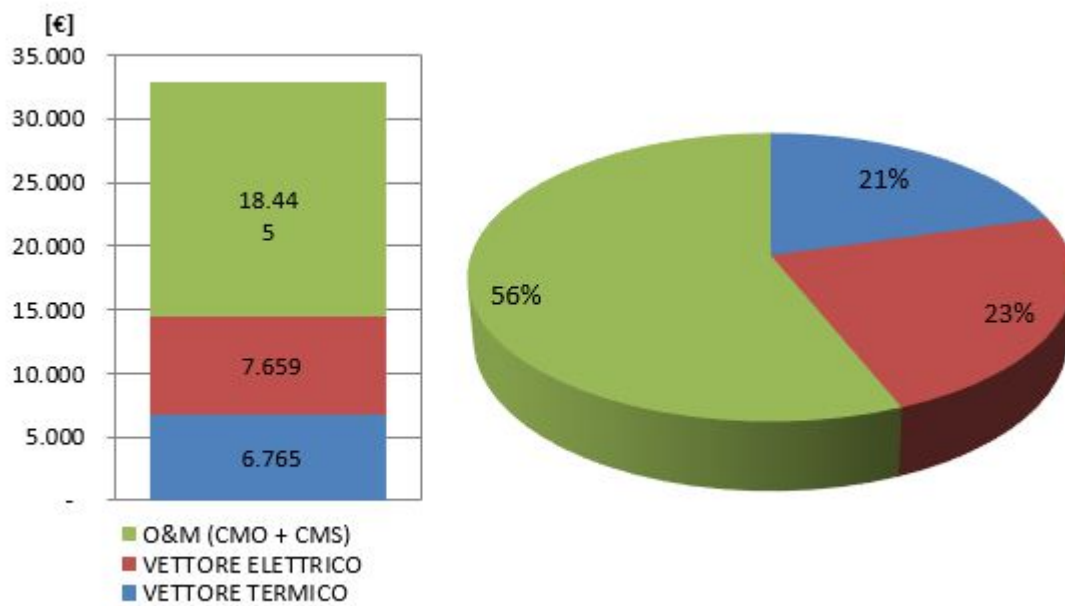
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 7.672 e un C_{baseline} pari a € 33.129

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M (C _{MO} + C _{MS})		TOTALE
Q _{baseline}	C _{uQ}	C _Q	EE _{baseline}	C _{uEE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
84.456	0,080	6.765	36.948	0,207	7.659	18.445	16.601	1.845	32.869

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Cappotto esterno

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un cappotto in polistirene espanso additivato con grafite (valore di conduttività pari a $0,031 \text{ W/m}^2\text{K}$) al fine di ridurre la trasmittanza termica di parete, protetto da una lastra in cartongesso.

La realizzazione del cappotto, migliorando la trasmittanza termica di parete, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione ed un miglioramento delle condizioni di comfort termico

Caratteristiche funzionali e tecniche

La parete verticale, mediante la realizzazione di un cappotto termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica inferiore a $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

Prestazioni raggiungibili

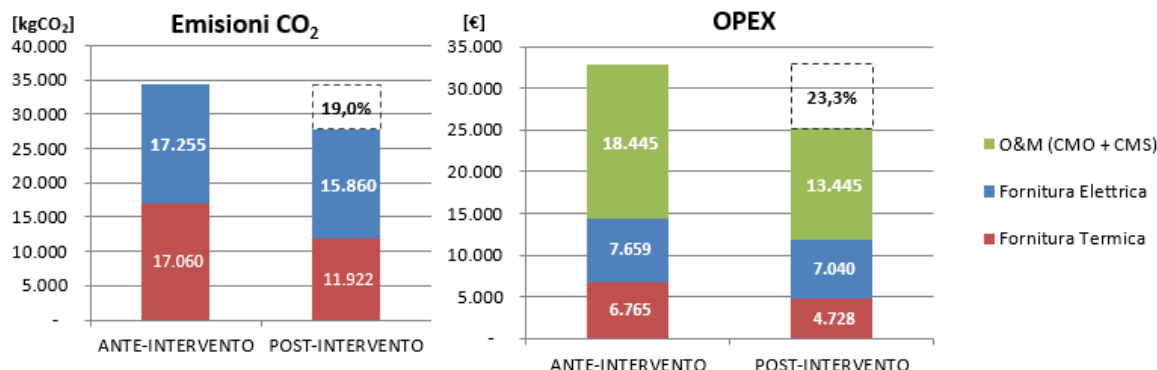
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – cappotto esterno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 trasmittanza	[W/m ² K]	1,3	0,3	76,9%
Q _{teorico}	[kWh]	87.945	61.458	30,1%
EE _{teorico}	[kWh]	37.948	34.881	8,1%
Q _{baseline}	[kWh]	84.456	59.020	30,1%
EE _{baseline}	[kWh]	36.948	33.962	8,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.060	11.922	30,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.255	15.860	8,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	34.315	27.782	19,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.765	4.728	30,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.659	7.040	8,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	14.424	11.768	18,4%
C _{MO}	[€]	16.601	11.601	30,1%
C _{MS}	[€]	1.845	1.845	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	18.445	13.445	27,1%

OPEX	[€]	32.869	25.213	23,3%
Classe energetica	[-]	G	D	3 CLASSI

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



EEM2: Rifacimento copertura

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un isolamento termico in polistirene espanso ad alta densità (EPS, valore di conduttività pari a 0,033 W/m²°K) al fine di ridurre la trasmittanza termica della copertura.

La realizzazione dell'isolamento, migliorando la trasmittanza termica della copertura, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione ed un miglioramento delle condizioni di comfort termico.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La copertura, mediante la realizzazione di un isolamento termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica pari a 0,24 W/m²°K, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021. A protezione dell'isolamento termico e per garantire l'impermeabilità della copertura, verrà realizzata una doppia guaina bituminosa, la più esterna delle quali avrà un valore di riflettanza solare non inferiore a 0,76, così come stabilito dal DM 11 ottobre 2017, in tema di criteri ambientali minimi per gli edifici pubblici.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

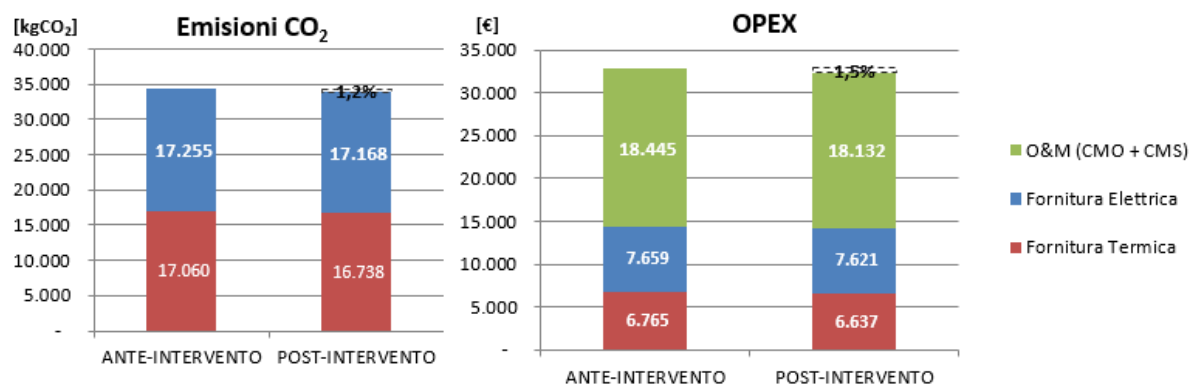
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – COPERTURA

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE	
EM2 trasmittanza	[W/m ² K]	0,63	0,26	58,7%	
Q _{teorico}	[kWh]	87.945	86.286	1,9%	
EE _{teorico}	[kWh]	37.948	37.757	0,5%	
Q _{baseline}	[kWh]	84.456	82.863	1,9%	
EE _{baseline}	[kWh]	36.948	36.762	0,5%	
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.060	16.738	1,9%	
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.255	17.168	0,5%	
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	34.315	33.906	1,2%	
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.765	6.637	1,9%	
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.659	7.621	0,5%	
Fornitura Energia, C_E	[€]	14.424	14.258	1,2%	
C _{MO}	[€]	16.601	16.287	1,9%	
C _{MS}	[€]	1.845	1.845	0,0%	
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.445	18.132	1,7%	
OPEX	[€]	32.869	32.389	1,5%	
Classe energetica	[-]		G	E	2 CLASSI

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



EEM3: sostituzione serramenti

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi serramenti in PVC, al fine di ridurre la trasmittanza termica degli stessi.

La posa di nuovi serramenti, migliorando la trasmittanza termica degli infissi, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione, un miglioramento delle condizioni di comfort termico e, con l'utilizzo di vetri stratificati, una significativa riduzione del rumore esterno.

Figura 8.3 – Serramento



Caratteristiche funzionali e tecniche

I nuovi serramenti raggiungeranno un valore di trasmittanza termica inferiore a $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

Il serramento avrà un doppio vetro, costituito da due lastre stratificate, livello di sicurezza 2(B)2 secondo norma UNI EN 12600 ed un valore di trasmissione solare inferiore o uguale a 0,35, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

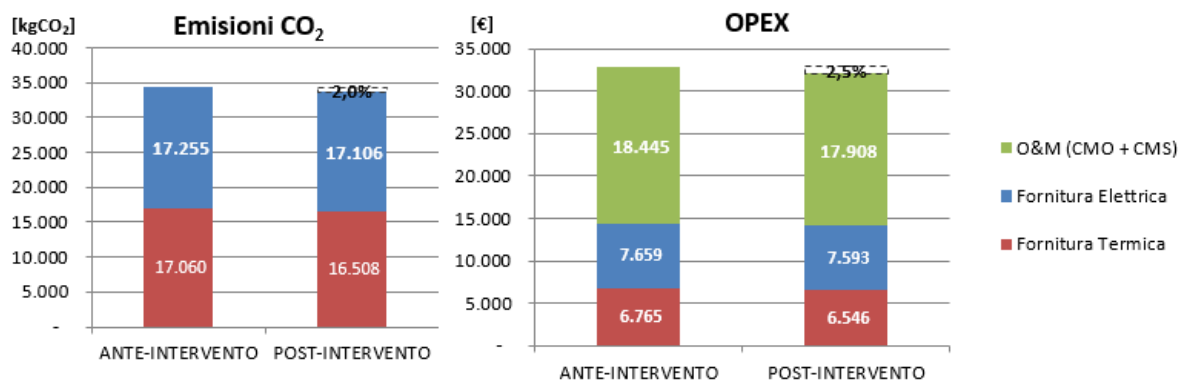
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 trasmittanza	[W/m ² K]	2,4	1,4	41,7%
Q _{teorico}	[kWh]	87.945	85.100	3,2%
E _{Eteorico}	[kWh]	37.948	37.620	0,9%
Q _{baseline}	[kWh]	84.456	81.724	3,2%
E _{Ebaseline}	[kWh]	36.948	36.629	0,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.060	16.508	3,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.255	17.106	0,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	34.315	33.614	2,0%
Fornitura Termica, C _q	[€]	6.765	6.546	3,2%

Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.659	7.593	0,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	14.424	14.139	2,0%
C _{MO}	[€]	16.601	16.064	3,2%
C _{MS}	[€]	1.845	1.845	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.445	17.908	2,9%
OPEX	[€]	32.869	32.047	2,5%
Classe energetica	[-]	G	E	2 CLASSI

Figura 8.4 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.1 Impianto riscaldamento

EEM4: Sostituzione caldaia

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore di calore con un generatore a gas metano a condensazione.

La sostituzione del generatore di calore, comporterà un miglior rendimento nella combustione del gas metano e, conseguentemente, una riduzione delle emissioni



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede la riqualificazione generale della centrale termica, con la installazione di un nuovo generatore di calore a condensazione. La potenza termica del nuovo generatore viene assunta pari a quella del generatore esistente, considerando il singolo intervento, senza ulteriori interventi sull'involucro edilizio.

Descrizione dei lavori

La sostituzione del generatore di calore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

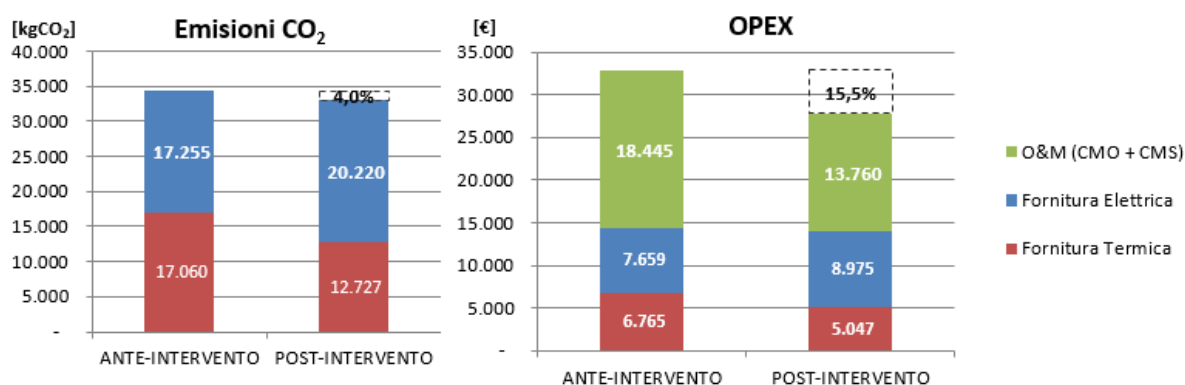
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – sostituzione caldaia

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE	
EM4 rendimento di generazione	-	75,6	103	36,2%	
Q _{teorico}	[kWh]	87.945	65.608	25,4%	
EE _{teorico}	[kWh]	37.948	44.470	-17,2%	
Q _{baseline}	[kWh]	84.456	63.005	25,4%	
EE _{baseline}	[kWh]	36.948	43.298	-17,2%	
Emiss. CO ₂ Termico	[kgCO ₂]	17.060	12.727	25,4%	
Emiss. CO ₂ Elettrico	[kgCO ₂]	17.255	20.220	-17,2%	
Emiss. CO₂ TOT	[kgCO₂]	34.315	32.947	4,0%	
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.765	5.047	25,4%	
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.659	8.975	-17,2%	
Fornitura Energia, C_E	[€]	14.424	14.022	2,8%	
C _{MO}	[€]	16.601	12.384	25,4%	
C _{MS}	[€]	1.845	1.376	25,4%	
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.445	13.760	25,4%	
OPEX	[€]	32.869	27.782	15,5%	
Classe energetica	[-]		G	D	3 CLASSI

Figura 8.5 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM6: Valvole termostatiche e pompe a giri variabili

Generalità

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di inverter sulle pompe di circolazione.



Caratteristiche funzionali e tecniche

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di inverter sulle pompe di circolazione.

Descrizione dei lavori

L'installazione delle valvole e degli inverter deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Si prevede tale attività nella stagione estiva.

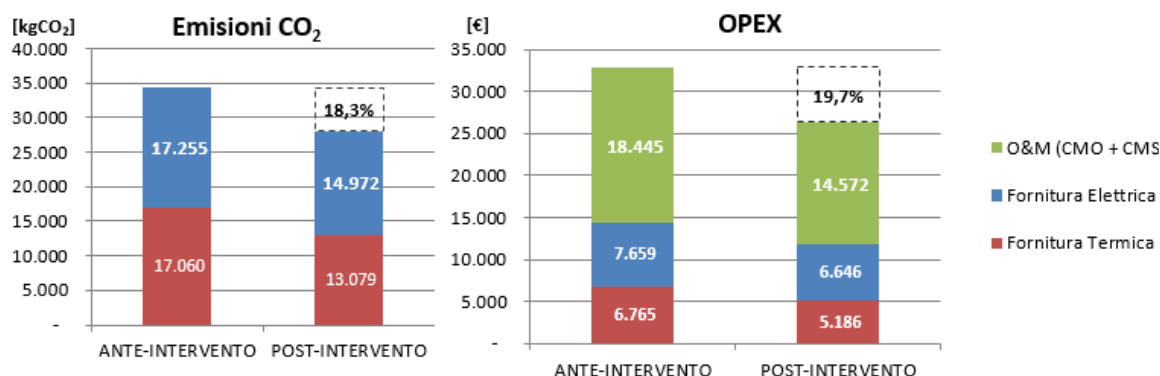
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM6 – valvole termostatiche e pompe a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM6 rendimento di regolazione	-	73	99,5	36,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	87.945	67.423	23,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	37.948	32.928	13,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	84.456	64.748	23,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	36.948	32.060	13,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.060	13.079	23,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.255	14.972	13,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	34.315	28.051	18,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	6.765	5.186	23,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.659	6.646	13,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	14.424	11.832	18,0%
C_{MO}	[€]	16.601	12.727	23,3%
C_{MS}	[€]	1.845	1.845	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	18.445	14.572	21,0%
OPEX	[€]	32.869	26.404	19,7%
Classe energetica	[-]	G	D	3 CLASSI

Figura 8.6 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Sostituzione lampade

Generalità

La misura preveda la sostituzione dei corpi illuminanti nelle aule, corridoi, servizi igienici e aule del personale.

Figura 8.7 – Particolare di un corpo illuminante



Caratteristiche funzionali e tecniche

Verranno installati corpi illuminanti a led, con accensione e spegnimento automatico con sensore di presenza nei corridoi e nei bagni. Nelle aule ci sarà la possibilità di regolare manualmente l'illuminazione. Sarà installato un orologio per lo spegnimento automatico di tutti i corpi durante le ore notturne (tranne le luci di emergenza).

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

Prestazioni raggiungibili

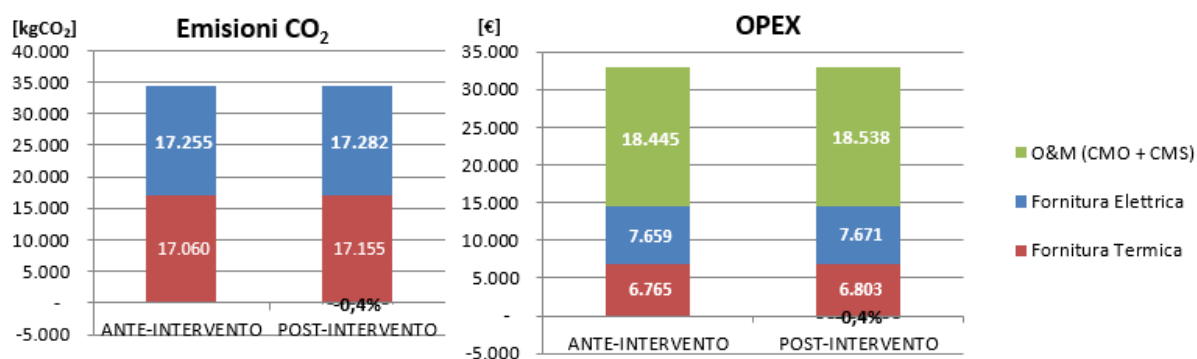
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella

Figura 8.1.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 Potenza elettrica	Watt	9500	5400	43,2%
Q _{teorico}	[kWh]	87.945	88.436	-0,6%
EE _{teorico}	[kWh]	37.948	38.007	-0,2%
Q _{baseline}	[kWh]	84.456	84.928	-0,6%
EE _{baseline}	[kWh]	36.948	37.005	-0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.060	17.155	-0,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	17.255	17.282	-0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	34.315	34.437	-0,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.765	6.803	-0,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.659	7.671	-0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	14.424	14.474	-0,3%
C _{MO}	[€]	16.601	16.693	-0,6%
C _{MS}	[€]	1.845	1.845	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.445	18.538	-0,5%
OPEX	[€]	32.869	33.011	-0,4%
Classe energetica	[-]	G	E	2 CLASSE

Figura 8.8 – EEM5: 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: cappotto interno

Nella **Errore**. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro. 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento interno dell'involucro opaco.

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 Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con P _{n int} ≤ 35 kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – cappotto interno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				€/m ² cm	€/m ² cm	€	%	€
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	16676,4	m2cm	3,49	3,17	52.909,67	22%	64.549,80
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	1667,64	kg	0,82	0,75	1.243,15	22%	1.516,64
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	833,82	kg	0,49	0,45	371,43	22%	453,14
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	1667,64	m2	7,26	6,60	11.006,42	22%	13.427,84
Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	41,691	m2	21,17	19,25	802,36	22%	978,88
Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intonaco con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	1667,64	m2	23,79	21,63	36.066,51	22%	44.001,14
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	1667,64	m2	4,80	4,36	7.276,97	22%	8.877,91
Costi per la sicurezza	-	3%	%			3.071,99	22%	3.747,82
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			7.167,97	22%	8.744,92
TOTALE (I₀ – EEM1)						119.916	22%	146.298
Incentivi	Conto termico							€ 58.519,24
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 11.703,85

EEM2: isolamento copertura

Nella tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nel rifacimento copertura.

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 Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35\ kWt$	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – isolamento copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M	PREZZO UNITA- RIO PREZZA RIO	PREZZO UNITA- RIO SCONTA TO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				€/m ² cm	€/m ² cm	€	%	€
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	9908,4	m2cm	3,49	3,17	31.436,65	22%	38.352,71
Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	24,771	m2	21,17	19,25	476,73	22%	581,61
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	990,84	m2	4,80	4,36	4.323,67	22%	5.274,87
Costi per la sicurezza	-	3%	%			957,40	22%	1.168,03
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2.233,94	22%	2.725,40
TOTALE (I₀ – EEM1)						39.428	22%	48.103
Incentivi	Conto termico							€ 19.241,05
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 3.848,21

EEM3: sostituzione serramentiNella EEM1: cappotto interno

Nella **Errore**. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro. 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento interno dell'involucro opaco.

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 Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35$ kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione dei serramenti.

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 Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35$ kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	%	(IVA INCLUSA)
				€/n° o €/m ²	€/n° o €/m ²	€	%	€
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria	104	m2	39,61	36,01	3.744,95	22%	4.568,83
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	104	m2	328,90	299,00	31.096,00	22%	37.937,12
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	40,79216	m	7,59	6,90	281,47	22%	343,39
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	15,6	m3	11,77	10,70	166,92	22%	203,64
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.058,68	22%	1.291,59
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2.470,25	22%	3.013,71
TOTALE (I₀ – EEM1)						38.818	22%	47.358
Incentivi	[Conto termico]							€ 18.943,31
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 3.788,66

EEM4: sostituzione caldaia

Nella tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione del generatore di calore.

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 Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n, int} \leq 35$ kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

	ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\text{ int}} > 35 \text{ kWt}$	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili	40	150 €/m ²	30.000
	Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature	40	30 €/m ²	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	i. Trasformazione degli edifici esistenti in “edifici a energia quasi zero NZEB” – zona climatica A, B, C	65	500 €/m ²	1.500.000
	i. Trasformazione degli edifici esistenti in “edifici a energia quasi zero NZEB” – zona climatica D, E, F	65	575 €/m ²	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	i. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza	40	15 €/m ²	30.000
	ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led	40	35 €/m ²	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	Installazione di tecnologie di <i>building automation</i>	40	25 €/m ²	50.000

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – SOSTITUZIONE CALDAIA

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZ- ZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZA- RIO	PREZZO UNITA- RIO SCONTA- TO	TOTALE	IVA	TOTALE
				€/n° o €/m ₂	€/n° o €/m ₂	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
				€	€	€	%	€
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 525 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	26.754,75	24.322,50	24.322,50	22%	29.673,45
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	232,76	211,60	211,60	22%	258,15
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 701 Kw a 1300 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	614,79	558,90	558,90	22%	681,86
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	15	cad	21,13	19,21	288,14	22%	351,53
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	146,74	133,40	133,40	22%	162,75
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	76,47	69,52	69,52	22%	84,81
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	8	h	34,41	31,28	250,25	22%	305,31
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	20	h	31,88	28,98	579,64	22%	707,16
Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	50	m ³ km	4,72	4,29	214,55	22%	261,75

Costi per la sicurezza	-	3%	%	804,51	22%	981,50
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	1.877,18	22%	2.290,16
TOTALE (I₀ – EEM1)				29.499	22%	35.988
Incentivi		Conto termico				€ 14.395,30
Durata incentivi						5
Incentivo annuo						€ 2.879,06

EEM5: sostituzione lampade con lampade a led

Nella tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione di copri illuminanti con lampade a 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 Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con P _{n.int} ≤ 35 kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

	ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\text{ int}} > 35 \text{ kWt}$	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili	40	150 €/m ²	30.000
	Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature	40	30 €/m ²	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	i. Trasformazione degli edifici esistenti in “edifici a energia quasi zero NZEB” – zona climatica A, B, C	65	500 €/m ²	1.500.000
	i. Trasformazione degli edifici esistenti in “edifici a energia quasi zero NZEB” – zona climatica D, E, F	65	575 €/m ²	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	i. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza	40	15 €/m ²	30.000
	ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led	40	35 €/m ²	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	Installazione di tecnologie di <i>building automation</i>	40	25 €/m ²	50.000

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – SOSTITUZIONE LAMPADE

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	€	%	€
Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	300	cad	98,61	89,65	26.893,64	22%	32.810,24
Costi per la sicurezza	-	3%	%			806,81	22%	984,31
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.882,55	22%	2.296,72
TOTALE (I₀ – EEM1)						29.583	22%	36.091
Incentivi	Conto termico							€ 14.436,50
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 2.887,30

EEM6: valvole termostatiche e pompe a giri variabili

Nella tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe 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 Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n,int} \leq 35$ kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

	ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\text{ int}} > 35 \text{ kWt}$	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili	40	150 €/m ²	30.000
	Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature	40	30 €/m ²	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	i. Trasformazione degli edifici esistenti in “edifici a energia quasi zero NZEB” – zona climatica A, B, C	65	500 €/m ²	1.500.000
	i. Trasformazione degli edifici esistenti in “edifici a energia quasi zero NZEB” – zona climatica D, E, F	65	575 €/m ²	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	i. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza	40	15 €/m ²	30.000
	ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led	40	35 €/m ²	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	Installazione di tecnologie di <i>building automation</i>	40	25 €/m ²	50.000

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
				€/n° o €/m ₂	€/n° o €/m ₂	€	%	€
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	22	cad	35,42	32,20	708,40	22%	864,25
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	4.587,21	4.170,19	4.170,19	22%	5.087,63
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
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
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	10	h	31,88	28,98	299,48	22%	365,36
Costi per la sicurezza	-	3%	%			158,62	22%	193,51
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			370,10	22%	451,53
TOTALE (I₀ – EEM1)						5.816	22%	7.095
Incentivi	Conto termico							€ 2.838,16
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 567,63

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: cappotto interno

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

Tabella 9.2 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– cappotto interno

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	146.298
Oneri Finanziari %I ₀	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	11.704
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	19,2	10,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	36,7	18,7
Valore attuale netto	VAN	- 27.555	23.117
Tasso interno di rendimento	TIR	3,0%	7,0%
Indice di profitto	IP	-0,19	0,16

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

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

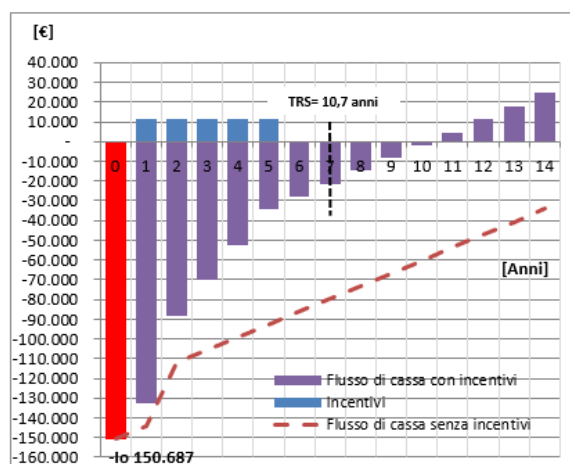
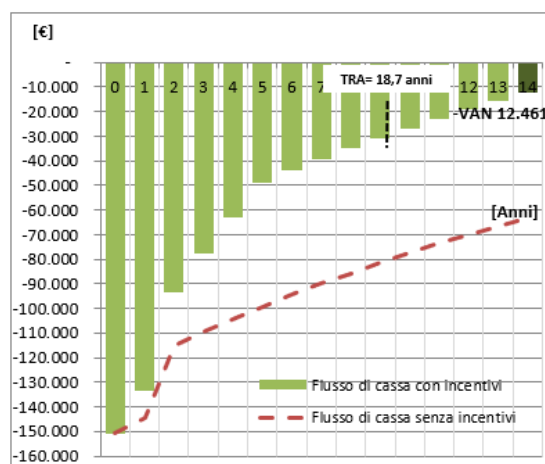


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente se attuato mediante incentivi (TRS < 15 anni), mentre senza incentivi risulta poco conveniente con VAN negativo.

EEM2: rifacimento copertura

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

Tabella 9.3 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– copertura

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	19.241
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	3.848
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	38,3	3,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	63,5	4,6
Valore attuale netto	VAN	- 10.457	6.204
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,8%	12,1%
Indice di profitto	IP	-0,54	0,32

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

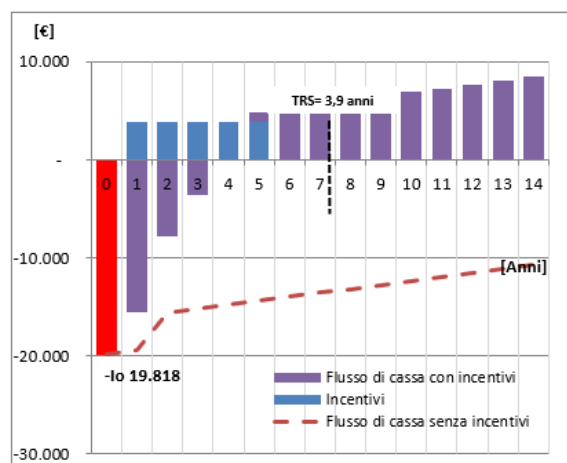
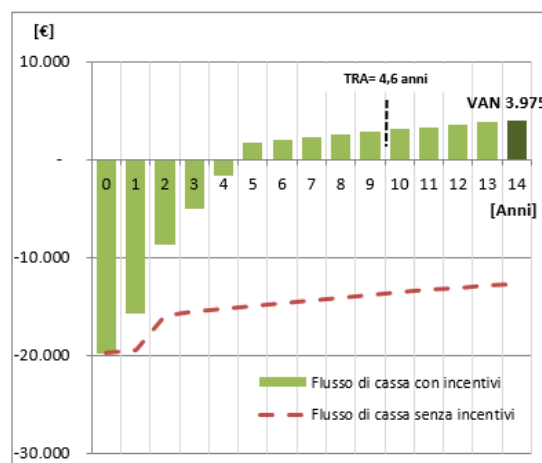


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente se attuato con incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

EEM3 – SOSTITUZIONE SERRAMENTI

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

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – SOSTITUZIONE SERRAMENTI

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	47.358
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	3.789
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	50,1	30,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	79,6	42,1
Valore attuale netto	VAN	- 30.383	- 13.980
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,8%	-0,2%
Indice di profitto	IP	-0,64	-0,30

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

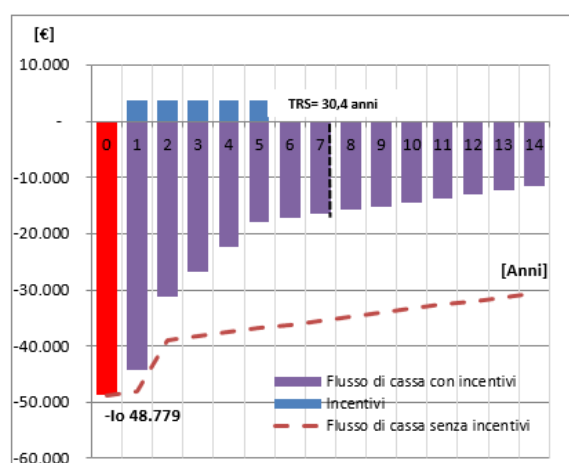
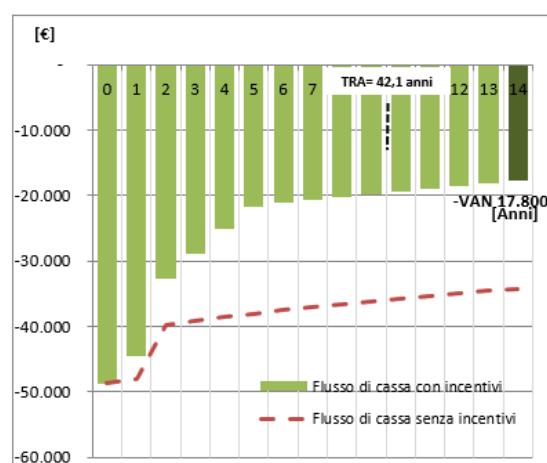


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi.

EEM4: CALDAIA A CONDESAZIONE

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– CALDAIA A CONDESAZIONE

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	35.988
Oneri Finanziari % I_0	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	2.879
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	7,4	4,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	9,7	5,6
Valore attuale netto	VAN	10.320	22.785
Tasso interno di rendimento	TIR	9,5%	16,1%
Indice di profitto	IP	0,29	0,63

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

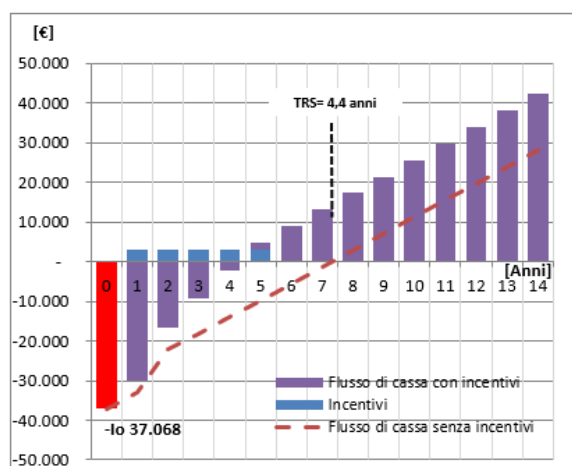
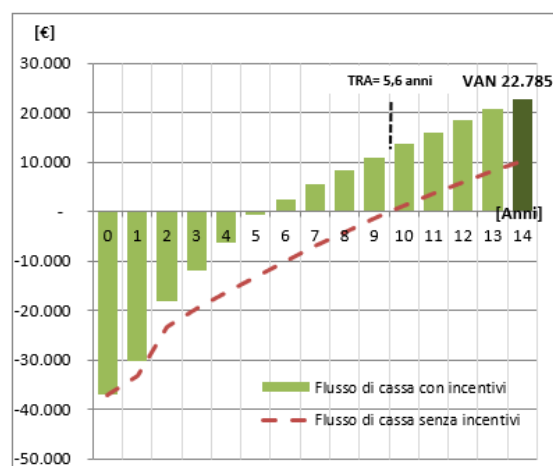


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

EEM5 – SOTITUZIONE ILLUMINAZIONE

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 – SOTITUZIONE ILLUMINAZIONE

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	36 091
Oneri Finanziari % I_0	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	10
Incentivo annuo	B	€/anno	2 887
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	68,3	18,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	73,5	21,2
Valore attuale netto	VAN	- 32.113	- 19.612
Tasso interno di rendimento	TIR	----	-21,0%
Indice di profitto	IP	-0,89	-0,54

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

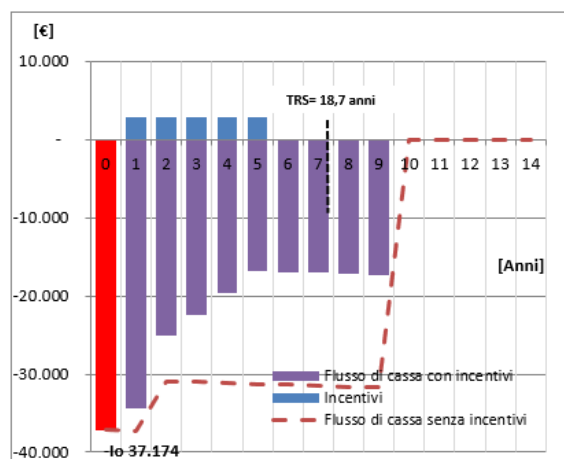
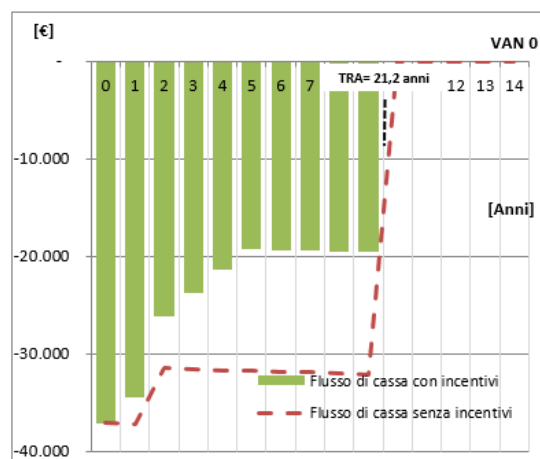


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta poco conveniente in quanto VAN negativo sia con incentivi che senza.

EEM6 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	7.095
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	568
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	1,2	1,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,3	1,2
Valore attuale netto	VAN	47.780	50.238
Tasso interno di rendimento	TIR	77,5%	84,9%
Indice di profitto	IP	6,73	7,08

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

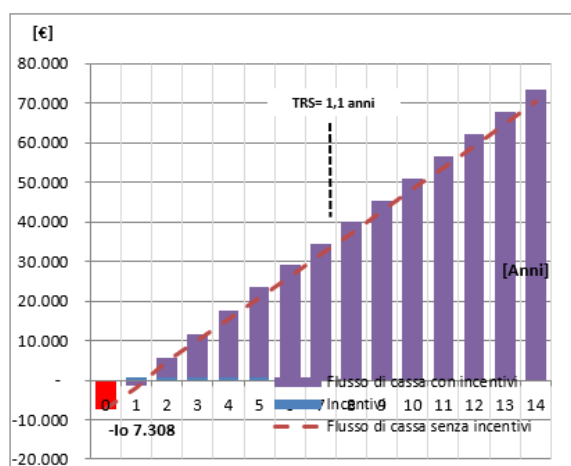
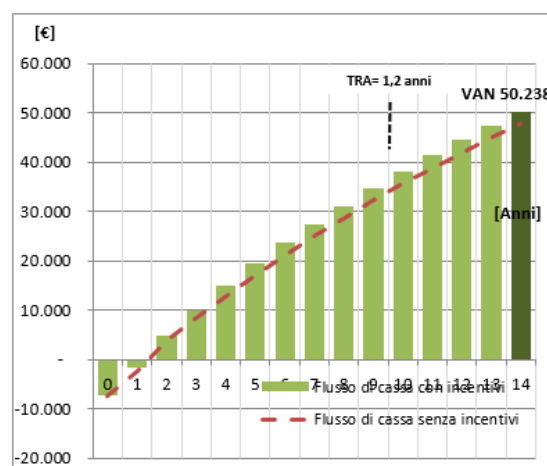


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.8 e Tabella 9.9.

Tabella 9.8 – 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	30.1	19.0	2.656	4.999	0	146.298	19.2	36.7	30	-27.555	3.0	-0.19
EEM 2	1.9	1.2	166	313	0	19.241	38.3	63.5	30	-10.457	-1.8	-0.54
EEM 3	3.2	2.0	285	537	0	47.358	50.1	79.6	30	-30.833	-3.8	-0.64
EEM 4	25.4	4.0	4216	468	0	35.988	7.4	9.7	15	10.320	9.5	0.29
EEM 5	-0.6	-0.4	50	92	0	36.091	68.3	73.5	10	-32.113	---	-0.89
EEM 6	23.3	18.3	2.591	3.873	0	7.095	1.2	1.1	15	47.880	77.5	6.73

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 gli interventi EEM1 e EEM5 senza incentivi non sono convenienti, mentre gli altri risultano convenienti se attuati TRS < 15 anni e VAN positivo.

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

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	%	%	€/anno	€/anno	€/anno	€	anni	anni	anni	€	%	-
EEM 1	30.1	19.0	2.656	4.999	0	146.298	10.7	18.7	30	23.117	7.0	0.16
EEM 2	1.9	1.2	166	313	0	19.241	3.9	4.6	30	6.204	12.1	0.32
EEM 3	3.2	2.0	285	537	0	47.358	30.4	42.1	30	13.980	-0.2	-0.3
EEM 4	25.4	4.0	4216	468	0	35.988	4.4	5.6	15	22.785	16.1	0.63
EEM 5	-0.6	-0.4	50	92	0	36.091	18.7	21.2	10	19.612	-21.0	-0.54
EEM 6	23.3	18.3	2.591	3.873	0	7.095	1.1	1.2	15	50.238	84.9	7.08

Dall'analisi dei risultati emerge l'intervento EEM5 senza incentivi è poco conveniente, mentre gli altri risultano convenienti se attuati TRS < 15 anni e VAN positivo.

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

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

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun

scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) 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: 15 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di isolamento involucro opaco, rifacimento copertura, sostituzione serramenti, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili
- **Scenario 2: 25 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di isolamento involucro opaco, rifacimento copertura, sostituzione serramenti, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili, sostituzione lampade.

9.3.1 Scenario 1: 15 anni

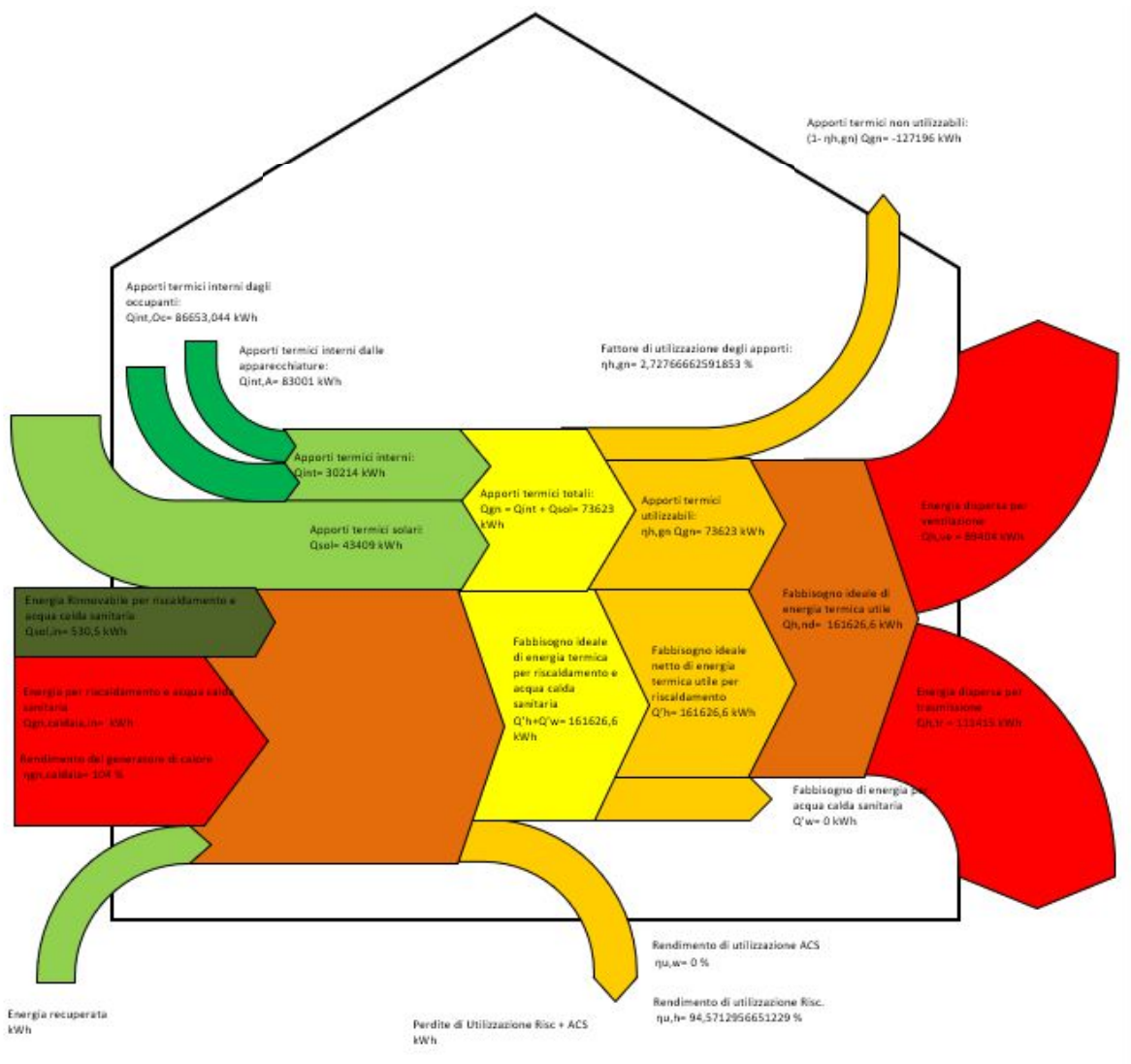
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.10 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	€	€	€
EEM1 Fornitura & Posa	55.524	78.282	133.805
EEM2 Fornitura & Posa	36.237	7.972	44.209
EEM3 Fornitura & Posa	35.289	7.764	43.053
EEM4 Fornitura & Posa	26.817	5.900	32.717
EEM6 Fornitura & Posa	5.287	1.163	6.450
Costi per la sicurezza	6.858	1.508	8.366
Costi per la progettazione	16.002	3.520	19.522
TOTALE (I₀)	182.014	106.109	288.123
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	€	€	€
SCN 1	8.548	837	9.385
TOTALE (C_M)	8.548	837	9.385
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		€	
Incentivi	Conto termico	69.854	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		13.970	

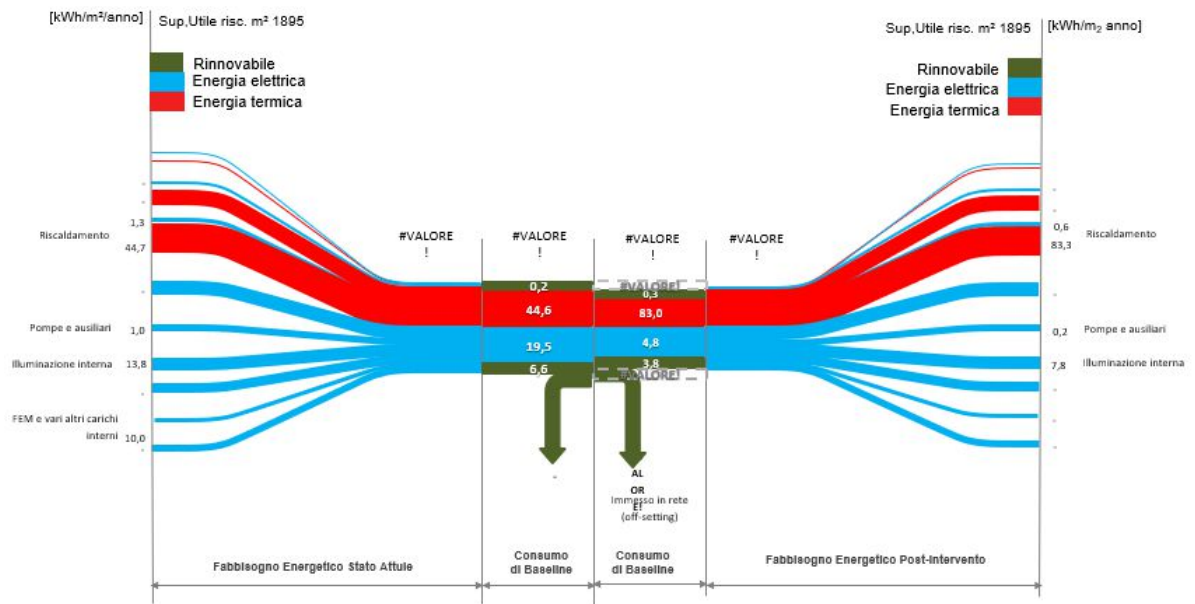
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che aumenta il rendimento di utilizzazione del riscaldamento, ma allo stesso tempo aumentano le dispersioni per ventilazione e per trasmissione.

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



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.11 e nella Figura 9.15

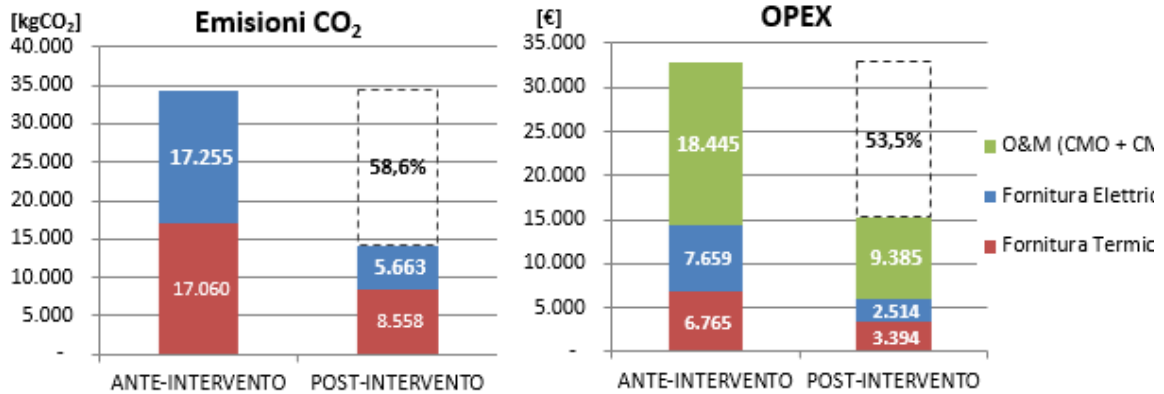
Tabella 9.11 – Risultati analisi SCN1 – 15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM5 Potenza elettrica	Watt	9500	5400	43,2%
EM2 trasmittanza	W/m²K	0,63	0,26	58,7%
EM3 trasmittanza	W/m²K	2,4	1,4	41,7%
EM4 rendimento di generazione	W/m²K	75,6	103	36,2%
EM5 Potenza elettrica	Watt	9500	5400	43,2%
EM6 - rendimento di regolazione	%	73	99,5	36,3%
$Q_{teorico}$	kWh	87.945	44.119	49,8%
$EE_{teorico}$	kWh	37.948	12.454	67,2%
$Q_{baseline}$	kWh	84.456	42.369	49,8%
$EE_{baseline}$	kWh	36.948	12.126	67,2%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	17.060	8.558	49,8%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	17.255	5.663	67,2%
Emiss. CO2 Totale	kgCO₂	34.315	14.221	58,6%
Fornitura Termica, C_Q	€	6.765	3.394	49,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	€	7.659	2.514	67,2%
Fornitura Energia, C_E	€	14.424	5.907	59,0%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	€	16.601	8.548	48,5%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	€	1.845	837	54,6%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	€	18.445	9.385	49,1%
OPEX	€	32.869	15.292	53,5%
Classe energetica	-	G	C	+4 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0.467 per vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0.208 per vettore elettrico

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



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

Tabella 9.12,

Tabella 9.13 e

Tabella 9.14 e nelle successive figure.

Tabella 9.12 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– 15 anni

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	2
Anni Gestione Servizio	n_s	13
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	13
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 145 773
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 4 373
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 150 146
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 120 117
Equity	I_E	€ 30 029
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 14 469
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 144 688
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 24 571

Tabella 9.13 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{EO}	€	14 684
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€	18 445
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€	33 129
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E		51,7%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M		74,4%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	20 401
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1 656
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	84 889
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	25 504
N° di Canoni annuali	anni		13
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		109,97%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	12 701
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1 890
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	4 154
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	4 915
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	7 813
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	12 728
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	18 745
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	31 473
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	26 287
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	69 854
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2023

Tabella 9.14 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,15
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,76
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 115 065
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	16,15%
Indice di Profitto	IP	78,93%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,96
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,18
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 83 414
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	56,23%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,751
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,981
Indice di Profitto Azionista	IP	57,22%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

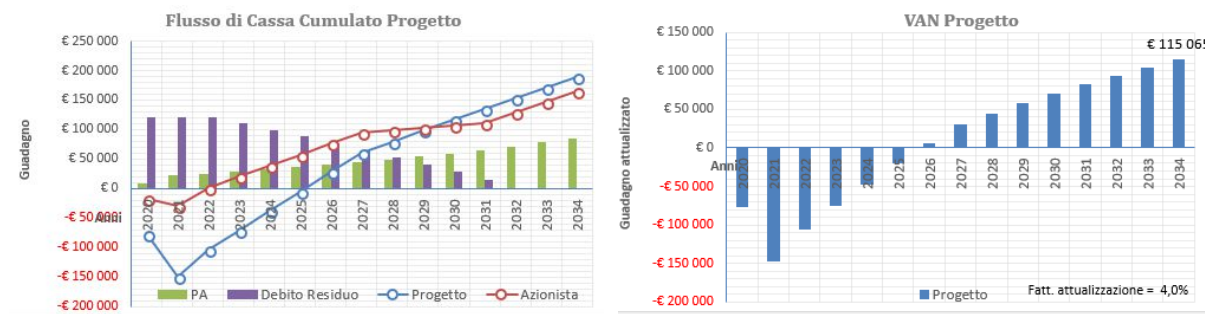
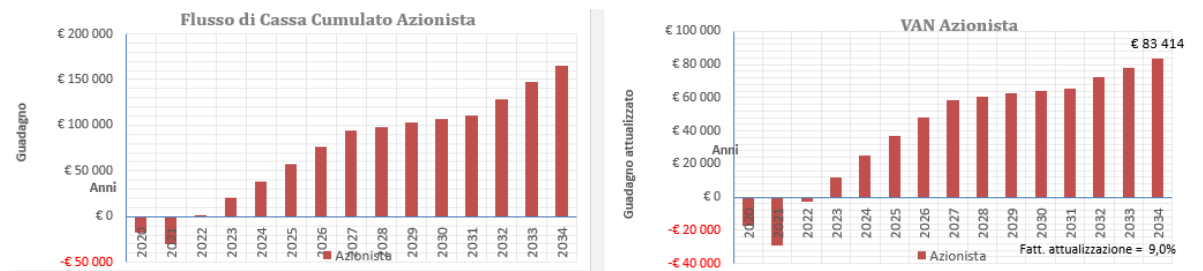


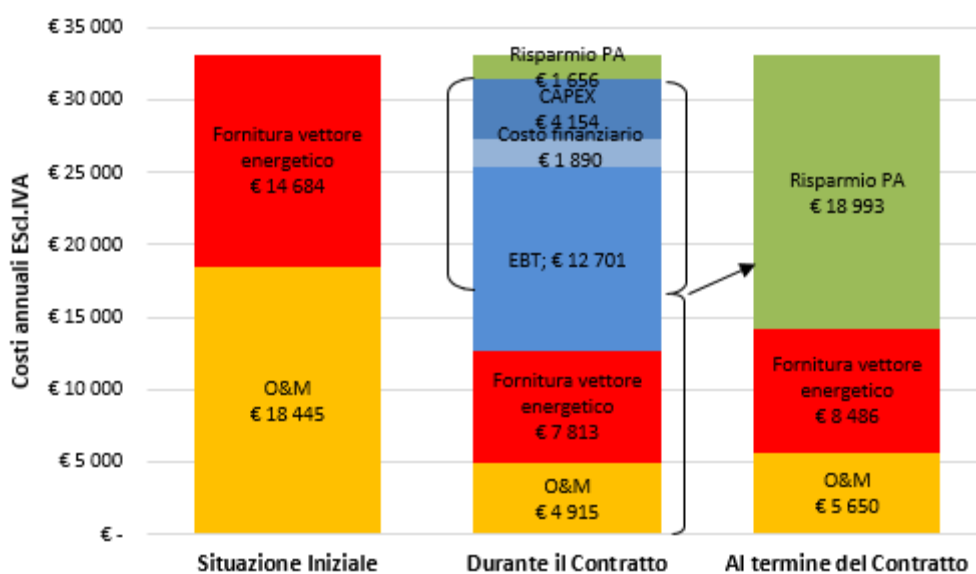
Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente sia per TRS < 15 anni sia per VAN positivo con e senza incentivi.

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

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: 25 anni:

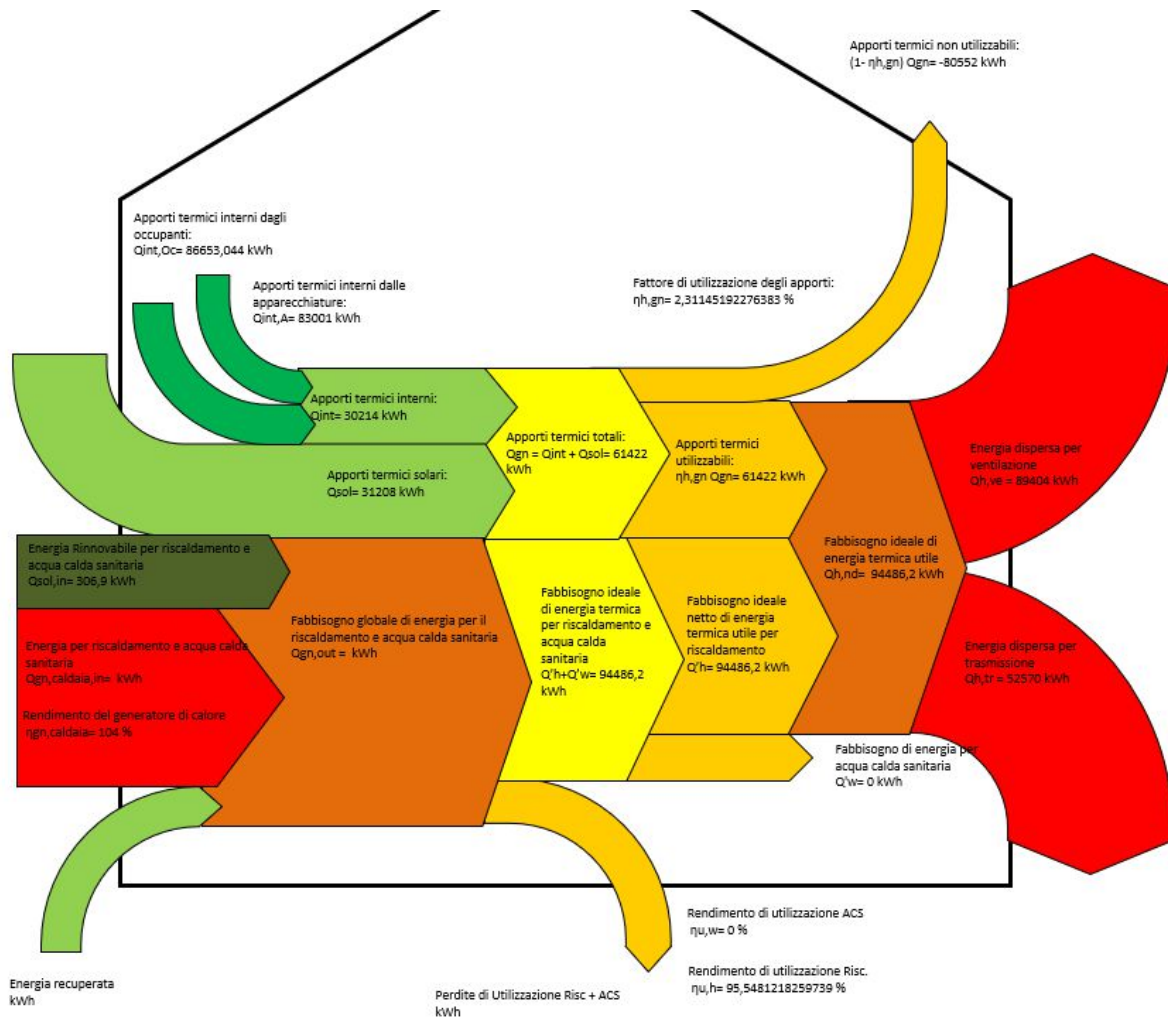
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	€	€	€
EEM1 Fornitura & Posa	55.524	78.282	133.805
EEM2 Fornitura & Posa	36.237	7.972	44.209
EEM3 Fornitura & Posa	35.289	7.764	43.053
EEM4 Fornitura & Posa	26.817	5.900	32.717
EEM5 Fornitura & Posa	26.894	5.917	32.810
EEM6 Fornitura & Posa	5.287	1.163	6.450
Costi per la sicurezza	6.858	1.508	8.366
Costi per la progettazione	16.002	3.520	19.522
TOTALE (I₀)	208.908	112.026	320.934
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	€	€	€
SCN 2	4.946	484	5.430
TOTALE (C_M)	4.946	484	5.430
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		€	
Incentivi	Conto termico	128.373	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		25.674	

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

Figura 9.19 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



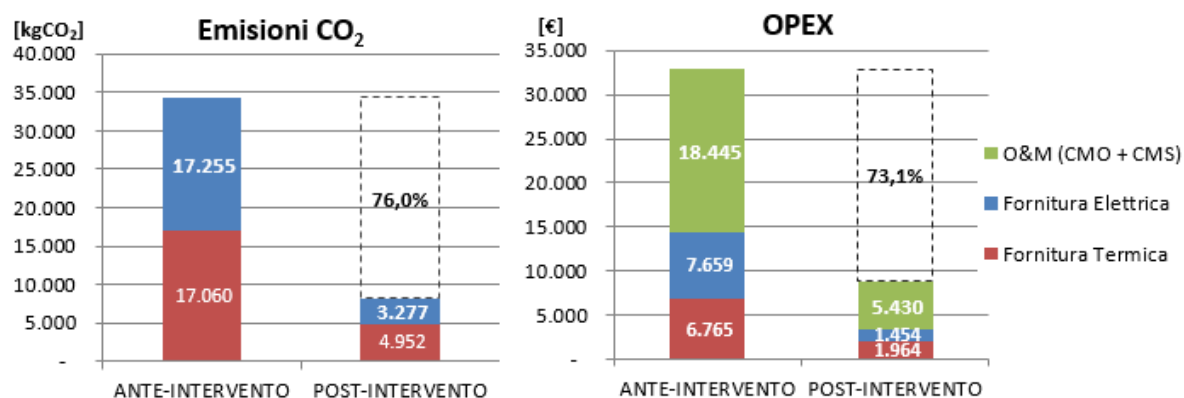
Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che aumenta il rendimento di utilizzazione del riscaldamento, ma allo stesso tempo aumentano le dispersioni per ventilazione e per trasmissione.

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.11 e nella Figura 9.15

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN2 – 25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 trasmittanza	W/m ² K	1,3	0,3	76,9%
EM2 trasmittanza	W/m ² K	0,63	0,26	58,7%
EM3 trasmittanza	W/m ² K	2,4	1,4	41,7%
EM4 rendimento di generazione	W/m ² K	75,6	103	36,2%
EM5 Potenza elettrica	Watt	9500	5400	43,2%
EM6 - rendimento di regolazione	%	73	99,5	36,3%
Q _{teorico}	kWh	87.945	25.528	71,0%
EE _{teorico}	kWh	37.948	7.206	81,0%
Q _{baseline}	kWh	84.456	24.515	71,0%
EE _{baseline}	kWh	36.948	7.017	81,0%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	17.060	4.952	71,0%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	17.255	3.277	81,0%
Emiss. CO2 Totale	kgCO₂	34.315	8.229	76,0%
Fornitura Termica, C _Q	€	6.765	1.964	71,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	7.659	1.454	81,0%
Fornitura Energia, C_E	€	14.424	3.418	76,3%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	€	16.601	4.946	70,2%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	€	1.845	484	73,8%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	€	18.445	5.430	70,6%
OPEX	€	32.869	8.848	73,1%
Classe energetica	-	G	A1	+6 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 vettore elettrico
 I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 vettore elettrico

Figura 9.20 – 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 9.12,

Tabella 9.13 e

Tabella 9.14 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– 25 anni

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	2
Anni Gestione Servizio	n_s	23
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 292 071
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 8 762
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 300 833
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 240 667
Equity	I_E	€ 60 167
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 28 990
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 289 896
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 49 230

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	14 684
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	18 445
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	33 129
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		72,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		74,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	23 191
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1 656
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	177 659
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	32 666
N° di Canoni annuali	anni		23
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		108,45%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	14 186
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	2 140
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	5 208
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	5 120
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	4 818
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	9 938
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	21 534
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	31 473
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	52 669
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	128 373
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2023

Tabella 9.19 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC , Anni	T.R.S.		7,72
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		9,83
Valore Attuale Netto, VAN = $VA - Io$	VAN > 0	€	168 796
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		10,77%
Indice di Profitto	IP		57,79%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC , Anni	T.R.S.		3,74
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		4,34
Valore Attuale Netto, VAN = $VA - Io$	VAN > 0	€	91 510
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e		31,19%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,302
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		2,312
Indice di Profitto Azionista	IP		31,33%

Figura 9.21 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

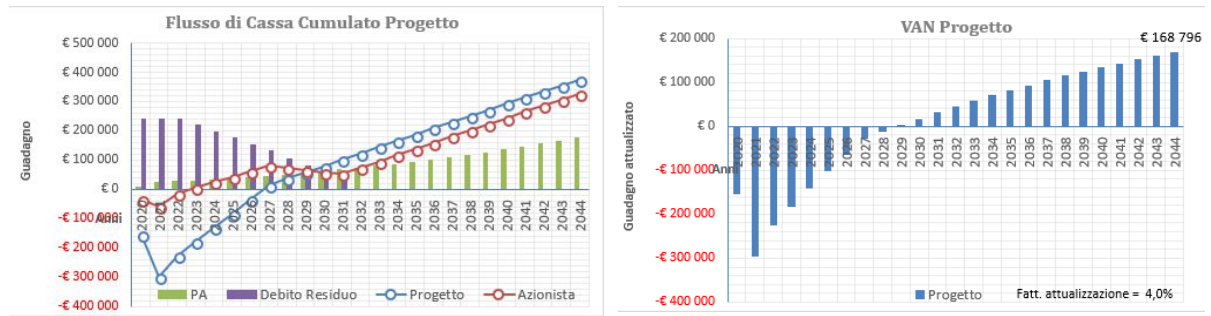
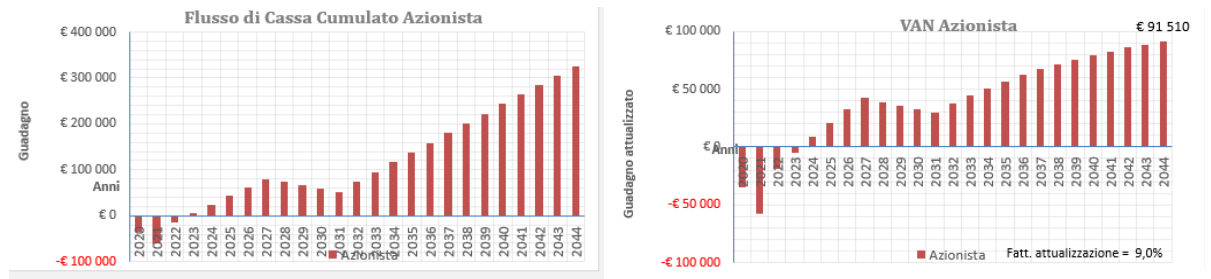


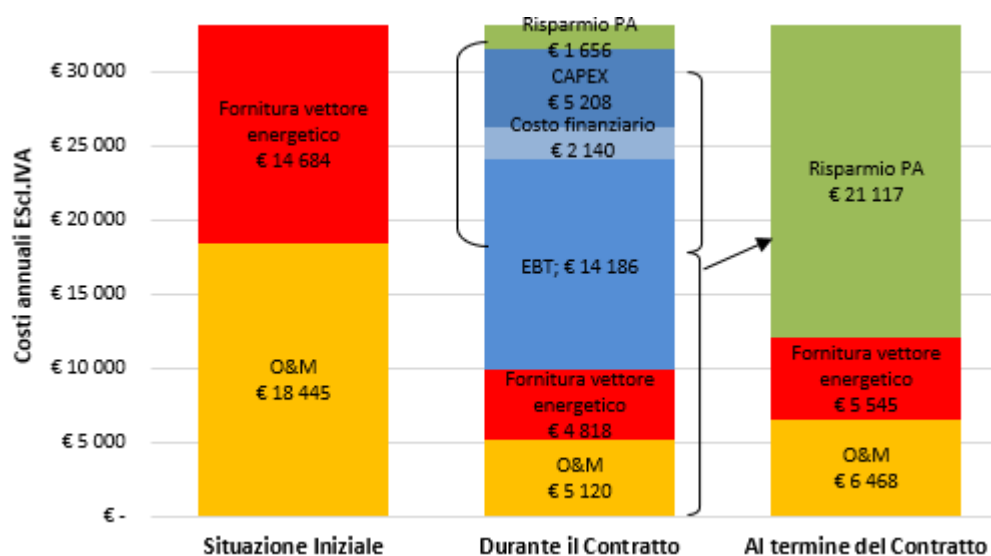
Figura 9.22 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente sia per TRS < 15 anni sia per VAN positivo con e senza incentivi.

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

Figura 9.23 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	213,80	206,86
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	181,26	180,65
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,00	0,00
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,00	0,00
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,00	0,00
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	32,54	26,22
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,00	0,00
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	45,40	43,93

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	81,07	55,39
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	48,53	48,37
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0	0
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	8,71	7,02
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	12,16	11,76

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO INTERNO
- EEM 2: COPERTURA
- EEM 3: SOSTITUZIONE SERRAMENTI
- EEM 4: SOSTITUZIONE CALDAIA
- EEM 5: SOSTITUZIONE LAMPADE
- EEM 6: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

Tabella 10.1 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS anni	TRA anni	n anni	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	30.1	19.0	2.656	4.999	0	146.298	10.7	18.7	30	23.117	7.0	0.16	n/a	n/a
EEM 2	1.9	1.2	166	313	0	19.241	3.9	4.6	30	6.204	12.1	0.32	n/a	n/a
EEM 3	3.2	2.0	285	537	0	47.358	30.4	42.1	30	-13.980	-0.2	-0.3	n/a	n/a
EEM 4	25.4	4.0	4216	468	0	35.988	4.4	5.6	15	22.785	16.1	0.63	n/a	n/a
EEM 5	-0.6	-0.4	50	92	0	36.091	18.7	21.2	10	-19.612	-21.0	-0.54	n/a	n/a
EEM 6	23.3	18.3	2.591	3.873	0	7.095	1.1	1.2	15	50.238	84.9	7.08	n/a	n/a
SCN 1	49.8	58.6	8.516	8.052	0	145.773	2.96	3.18	15	83.414	56.3	57.2	1.751	1.981
SCN 2	49.8	67.2	8.516	8.052	0	292.071	3.74	4.34	30	91.510	31.2	31.3	1.302	2.312

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'immobile oggetto di analisi si presenta come un edificio storico con grandi dispersioni dal punto di vista energetico principalmente sulla parte termica e questo è dovuto alle caratteristiche strutturali dell'immobile (ex monastero). L'impianto di riscaldamento è di tipo tradizionale e la caldaia ha oltre 15 anni. L'emissione avviene mediante radiatori privi di termoregolazione che riscaldano molte volte ambienti che sono privi di persone. Essendo nell'edificio la segreteria, tale immobile viene riscaldato anche oltre l'orario delle lezioni ed è facilmente intuibile quanto sia inefficiente proprio a causa della mancanza di un sistema di termoregolazione.

Sebbene l'immobile abbia grandi consumi elettrici, un'analisi costi-benefici sulla sostituzione dell'illuminazione tradizionale con lampade a led non porta a risultati convenienti: riteniamo però opportuno approfondire la questione con studio illuminotecnico di approfondimento.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Consumi energia elettrica – fatture 2014 – 2015 - 2016	16/11/2017	01_EE.pdf
Planimetrie Involucro	16/11/2017	E00769.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIANC.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIANT.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	047-P00-017-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-047-P00.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-047-P01.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-047-P02.dwg
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-047-P00-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-047-P01-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-047-P02-Checklist

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Rilievo fotografico	Rilievo fotografico	19/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - E769 FOTO SOPRALLUOGO
Planimetria scala 1:100 – 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 – 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - L1-042-047-P00 AGGIUNTA
Planimetria scala 1:100 – 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 – 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - L1-042-047-P00
Planimetria scala 1:100 – 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 – 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - L1-042-047-P01
Planimetria scala 1:100 – 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 – 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - L1-042-047-P02
Estratto di mappa	Estratto di mappa	23/07/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - DOC_1167618863
Visura catastale	Visura catastale	30/07/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - DOC_1169218988
Visura catastale	Visura catastale	30/07/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - DOC_1169219160
Visura catastale	Visura catastale	30/07/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - DOC_1169219314
Individuazione posizione impianto	Individuazione posizione impianto	26/07/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - E769 - POSIZIONE IMPIANTO
Schema a blocchi elettrico	Schema a blocchi elettrico	26/07/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - E769 Schema a blocchi elettrico
Schema a blocchi termico	Schema a blocchi termico	23/07/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - E769 Schema a blocchi impianto termico
Template	Grafici template	28/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato B - Template
Energia elettrica consumi	Dettaglio consumi energia elettrica	03/08/2018	De_Lotto7_E769 rev.01 AllegatoB_EnergiaElettrica

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	03/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato C – Report di indagine termografica

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	03/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato D - REPORT INDAGINI DIAGNOSTICHE

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Elenco completo radiatori	18/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato E - Mappatura termosifoni E769
Ponti termici di dettaglio intervento di miglioramento	12/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E769 riqualif
Ponti termici di dettaglio stato di fatto	02/05/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E769
Raccolta dati stato rilievo	18/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato E - Raccolta Dati E769
Serramenti di dettaglio intervento di miglioramento	11/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato E - Serramenti E769 riqualif
Serramenti di dettaglio stato di fatto	30/04/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato E - Serramenti E769
Stratigrafie di dettaglio intervento di miglioramento	12/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E769 riqualif
Stratigrafie di dettaglio stato di fatto	02/05/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E769
Schema energetico	18/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato E - Schema energetico - E769

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	03/07/2017	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato F - Certificato80-Tepsrl

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di Prestazione Energetica	19/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato G - 23045_2018_732

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE scenari sostituzione generatore	14/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato H - E769_CALDAIA
Bozza APE scenari cappotto	14/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato H - E769_CAPPOTTO
Bozza APE scenari copertura	14/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato H - E769_COPERTURA
Bozza APE scenari sostituzione apparecchi illuminanti	14/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato H - E769_LED
Bozza APE scenari sostituzione serramenti	14/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato H - E769_SERRAMENTI
Bozza APE scenari sostituzione valvole e pompe	14/06/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato H - E769_VALVOLE_POMPA
Bozza APE scenari ritorno dopo 15 anni	03/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato H - SCN 15 ANNI
Bozza APE scenari ritorno dopo 25 anni	03/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato H - SCN 25 ANNI

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati Climatici	03/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato I - GG_Lotto.7-E769.Rev01

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di Audit	03/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato I - GG_Lotto.7-E769.Rev01

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	02/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato K - E769 - Scheda ore

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano Economico Finanziario Scenari	04/08/2018	DE_LOTTO.7-E769_ALLEGATO L - AnalisiPEF_rev06

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	04/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato M - Benchmark_Rev02.pdf
Report di Benchmark	04/08/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato M - Benchmark_Rev02.doc
Report di Benchmark	25/07/2018	DE_Lotto.7-E769_rev.01 - Allegato M - Benchmark_Rev03.xls

ALLEGATO N – CD-ROM