

SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI" E SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"

E201

VIA ALBERTO LIRI 9, GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio 2018

COMUNE DI GENOVA STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

ATI:



(mandataria)



(mandante)

**SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI" e
SCUOLA COMUNALE INFANZIA
"BOCCADASSE"
E201**

VIA ALBERTO LIRI 9, GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio 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

Energynet s.r.l.

Viale Muratori 201 – 41124 – Modena

Tel 059 211085 – info@energynet.it

More Energy s.r.l.

Via Ragazzi del '99 39 – 42124 - Reggio Emilia

Tel. 0522 516610 – info@more-energy.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	12/06/2018	Federico Baruffaldi	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Prima Pubblicazione
B	26/07/2018	Emanuele Schiavone	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Seconda pubblicazione a seguito della Revisione PA del 12/07/2018

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

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

INDICE
PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	6
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	6
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
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
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	ERRORE. IL
SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È
DEFINITO.	
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	21
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	22
5 CONSUMI RILEVATI	23
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	23
5.1.1 <i>Energia termica</i>	23
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	25
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	28
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	32
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	32
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	33
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	34
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	34
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	36
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	38
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	38
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	38
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	39
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	42

7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	42
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	45
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	45
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	45
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	47
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	50
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	52
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	52
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	56
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	63
9.3.1	<i>Scenario 1: SCN1 (Soluzione ottimale a 15 anni)</i>	65
9.3.2	<i>Scenario 2: SCN2 (Soluzione ottimale a 25 anni)</i>	70
10	CONCLUSIONI	77
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	77
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	77
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	77
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1910
Anno di ristrutturazione		n.d.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.042,09
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.034,92
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	5.507,88
Rapporto S/V	[1/m]	0,37
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.340,21
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	339,52
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.679,73
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	227,9
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	28,89
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rt} /anno]	89.6901
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	4.317,57
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	25.052
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.193,71

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento con cappotto interno
- EEM 2: Isolamento esterno copertura piana
- EEM 3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori
- EEM 4: Installazione caldaia a condensazione
- EEM 5: Isolamento con cappotto interno
- SCN 1: Combinazione degli interventi EEM3 e EEM4
- SCN 2: Combinazione degli interventi EEM1, EEM2, EEM3, EEM4 e EEM5

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	20,8%	16,6%	2.039			61.637	15,5	24,8	30	3.547	4,8%	0,06	[n/a]	[n/a]
EEM 2	6,1%	5,0%	618			40.356	30,4	38,7	30	9.303	-0,2%	-0,23	[n/a]	[n/a]
EEM 3	29,3%	23,4%	2.878	176		6.953	2,4	2,6	15	22.653	39,6%	3,26	[n/a]	[n/a]
EEM 4	10,5%	8,1%	975	176		16.235	7,7	9,8	15	2.979	8,2%	0,18	[n/a]	[n/a]
EEM 5	6,3%	11,3%	1.622			27.122	8,8	9,6	8	-4.620	-3,7%	-0,17	[n/a]	[n/a]
SCN 1 ⁽²⁾	34,4%	28,7%	3.513	176		22.210	5,4	6,6	15	7.615	12,4%	34,3%	1,33	1,11
SCN 2 ⁽²⁾	60,1%	53,8%	6.809	176		151.184	11,9	19,3	25	8.989	5,19%	5,95%	1,01	1,06

Nota⁽²⁾: valori degli indicatori di redditività TRS, TRA VAN TIR e IP del progetto pre-imposte e degli indicatori di redditività DSCR e LLCR della ESCO pre imposte

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

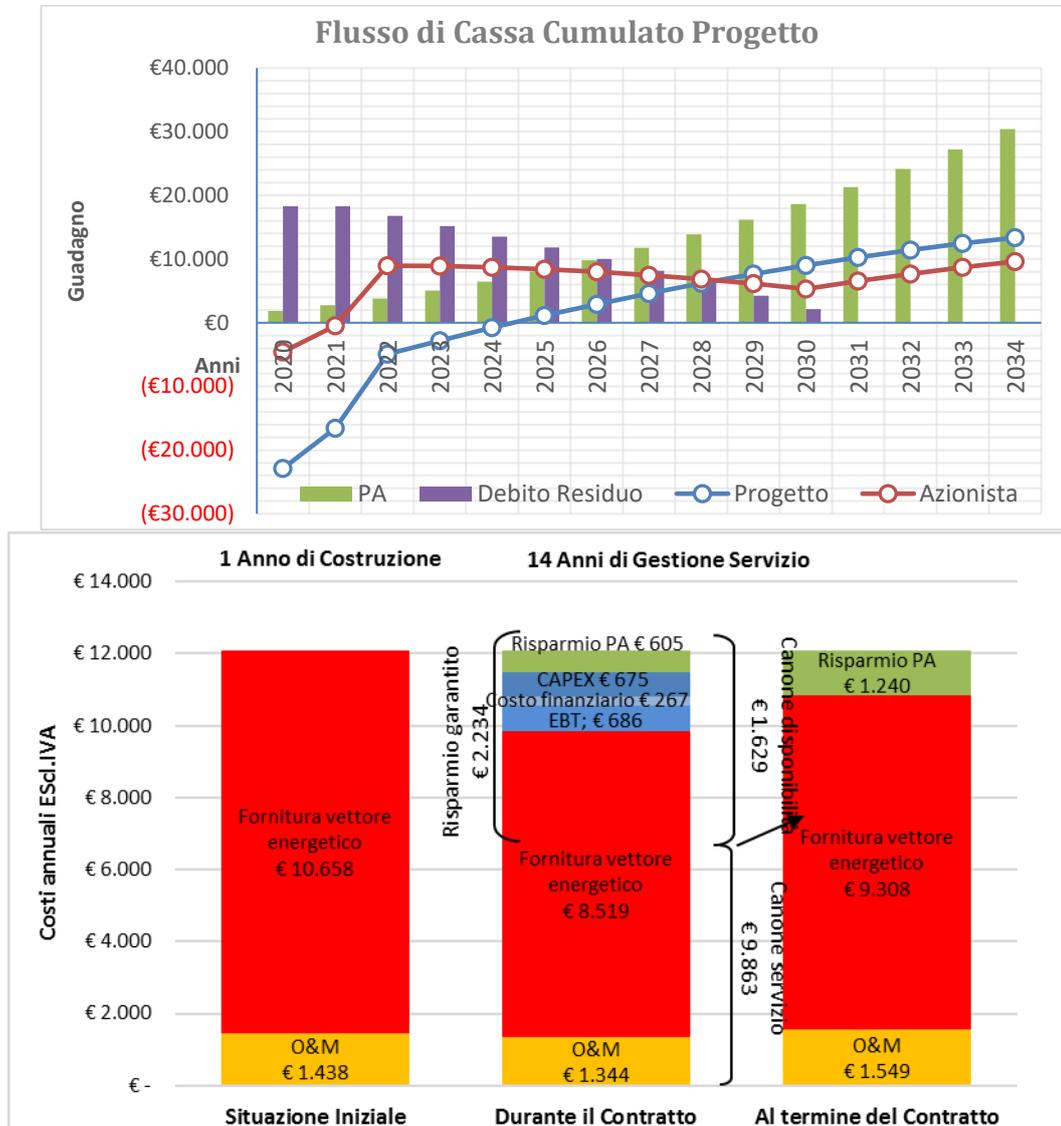
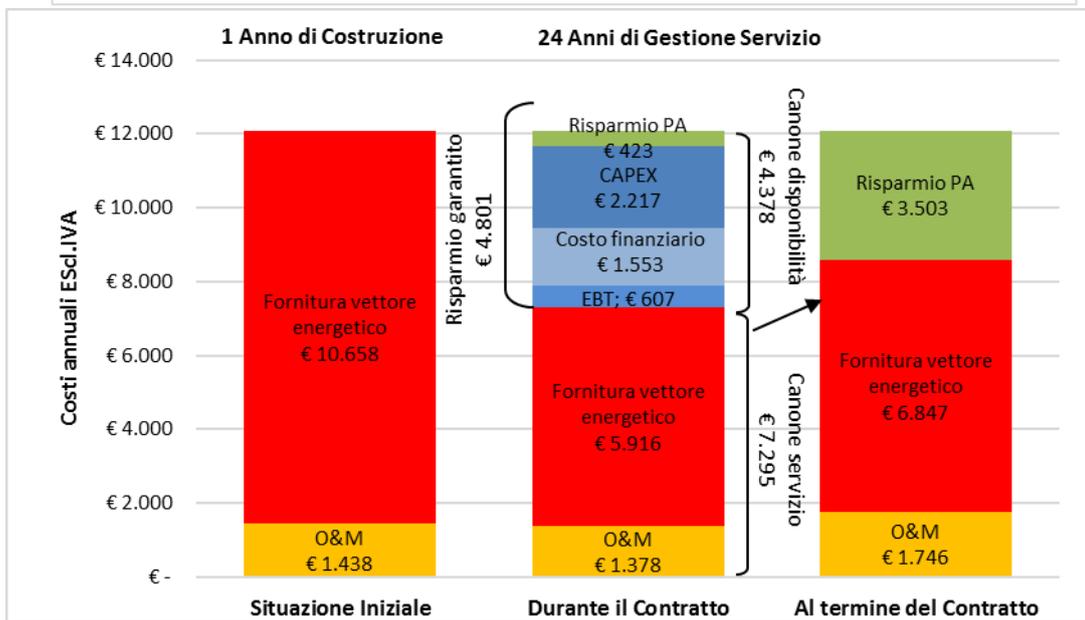
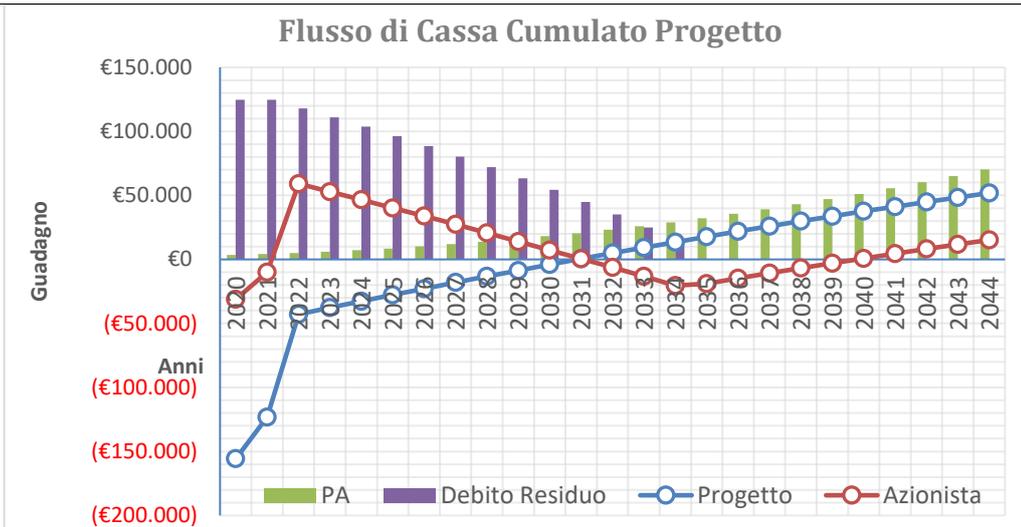


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI" e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"



1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1-1 - Vista della facciata esposta a Sud



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Energynet s.r.l., parte di ATI costituita da Energynet s.r.l. e More Energy s.r.l.. Il responsabile per il processo di audit dell'ATI è l'ing. Saverio Magni, 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
Nuara Lara – Scarcelli Silvia	Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Lara Nuara	Tecnico dell'analisi preliminare	Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Lara Nuara	Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Federico Baruffaldi	Tecnico del report di diagnosi	Redazione report di diagnosi energetica
Irene Paradisi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luigi Guerra	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Saverio Magni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. GEB/67 Mapp. 95, è sito nel Comune di Genova.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a asilo nido e scuola elementare.

Figura 1-2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1910
Anno di ristrutturazione		n.d.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1042,09
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2034,92
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	5507,88
Rapporto S/V	[1/m]	0,37

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1064,71
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.340,21
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	339,52
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.679,73
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	227,9
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽³⁾	[t/anno]	28,89
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽³⁾	[kWh _{th} /anno]	89.6901
Spesa annuale Gas Metano ⁽³⁾	[€/anno]	4.317,57
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽³⁾	[kWh _{el} /anno]	25.052
Spesa annuale energia elettrica ⁽³⁾	[€/anno]	5.193,71

Nota (3): Valori di Baseline

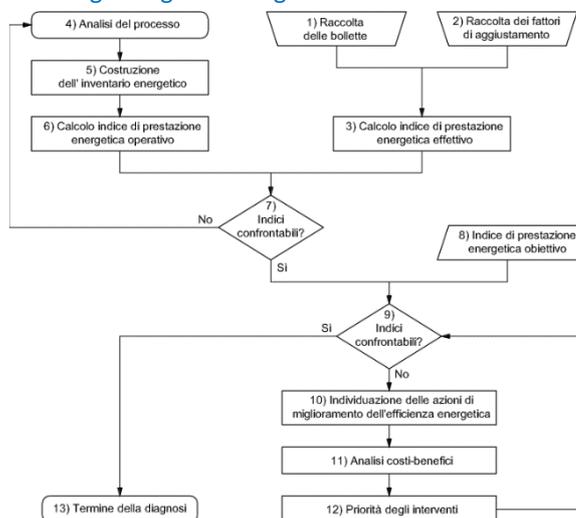
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **Errore. 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 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- 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, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 versione 8.17.49 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 73 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 Genova – Centro Funzionale e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});

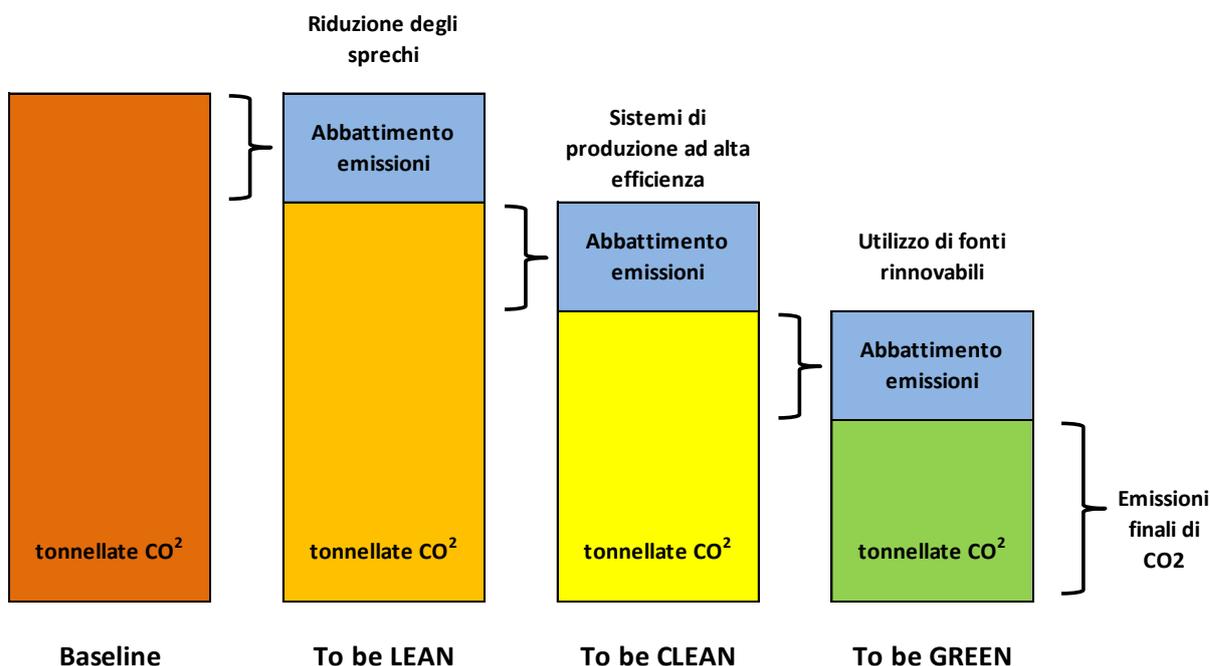
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, 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 energetica primario.

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domande 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 LLLCR maggiori di 1.

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

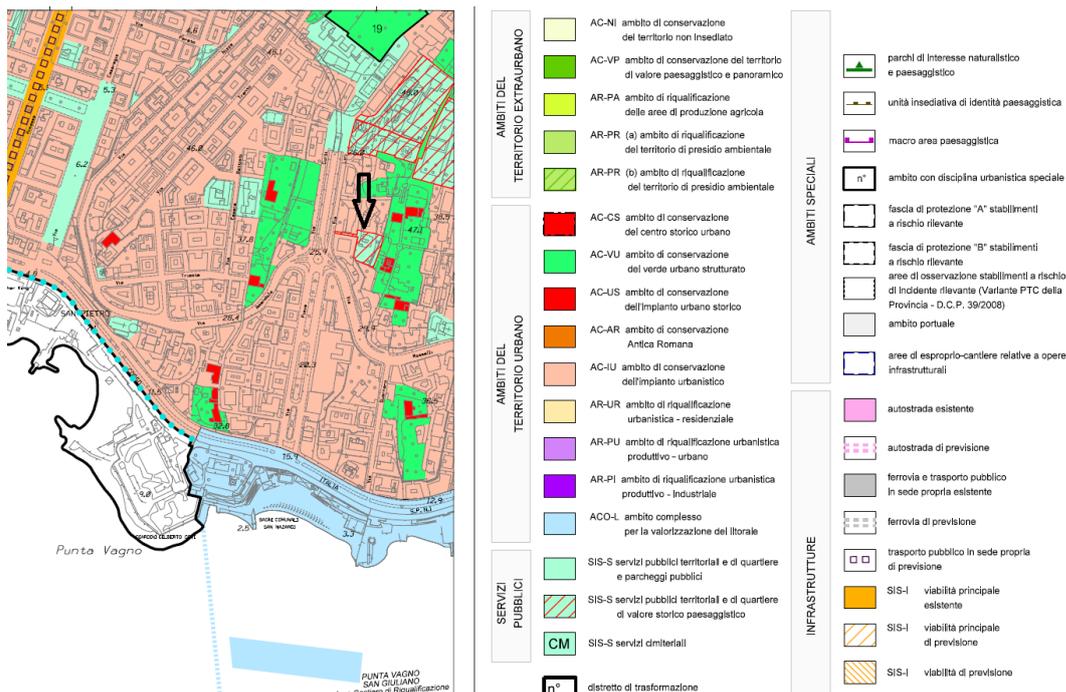
2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il [P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015], classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico e paesaggistico.

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Figura 2-1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la scuola elementare "Santino Richeri" e la scuola comunale infanzia "Boccadasse" risale all'incirca al 1910 e la sua destinazione d'uso, ai sensi del DPR 412/93, è E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastica.

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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani, uno interrato e tre fuori terra, nei quali si collocano i locali della scuola elementare e scuola dell'infanzia.

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

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽⁴⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽⁵⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽⁵⁾
Interrato	Cucina e Refettorio	[m ²]	354	255,26	-
Terra	Atrio e aule	[m ²]	338,32	273,87	-
Primo	Aule e magazzino	[m ²]	338,32	267,39	-
Secondo	Aule e uffici	[m ²]	308,61	245,57	-
TOTALE		[m ²]	1339,25	1042,09	-

Nota (4): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (5): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

Il complesso scolastico è situato all'interno di una zona con vincoli di bellezza singola, pertanto eventuali lavori dovranno essere preventivamente concordati con la Soprintendenza per i Beni paesaggistici della Liguria.

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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 ⁽⁶⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento con cappotto interno	Artistico		-
EEM 2: Isolamento esterno copertura piana	Artistico		-
EEM 3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori	Artistico		-
EEM4: Installazione caldaia a condensazione	Artistico		-

EEM5: Isolamento con cappotto interno

Artistico



-

Nota (6): 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.

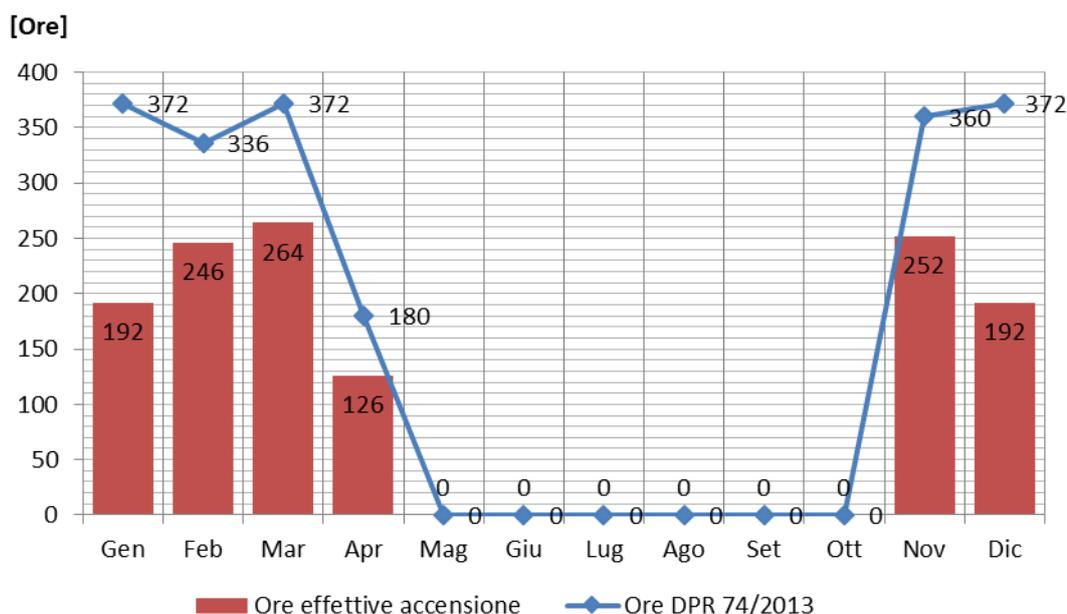
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio e periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati ricavati tramite interviste al personale.

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	da lunedì a venerdì	8:00 – 18:30	7:00 – 19:00
Dal 16 Aprile al 31 Luglio	da lunedì a venerdì	8:00 – 18:30	-
Dal 1 Settembre al 31 Ottobre			

Figura 2-4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico



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



*E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"*

all'interno della struttura. Pertanto mentre gli orari di occupazione sono solitamente dalle 8.00 alle 18.30, l'accensione dell'impianto è prevista alle ore 7.00 con spegnimento alle ore 19.00.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 901 GG calcolati su 106 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	16	16	154	17%
Febbraio	28	10,5	28	266	21	21	195	22%
Marzo	31	11,1	31	276	22	22	196	22%
Aprile	30	15,3	15	71	11	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	-	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	-	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	-	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	-	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	-	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	16%
Dicembre	31	10,0	31	310	16	16	160	18%
TOTALE	365	16,7	166	1421	106	106	901	100%

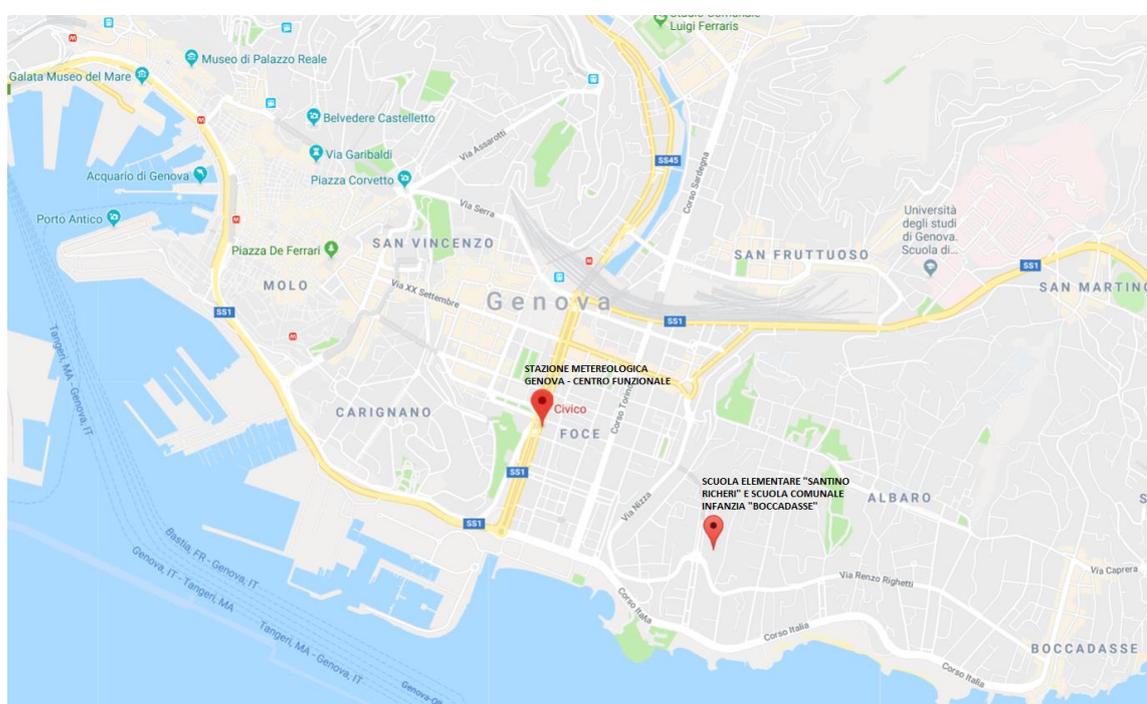
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 – Centro Funzionale.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE.

Figura 3-1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE

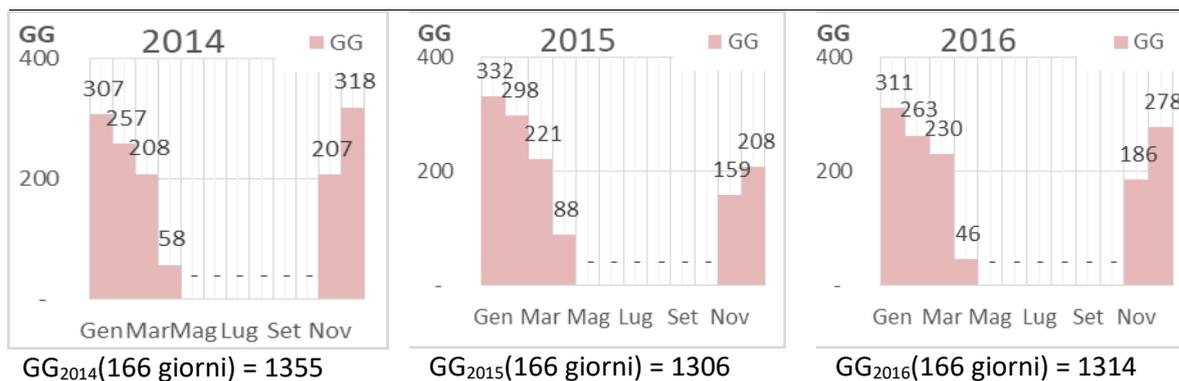


3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"

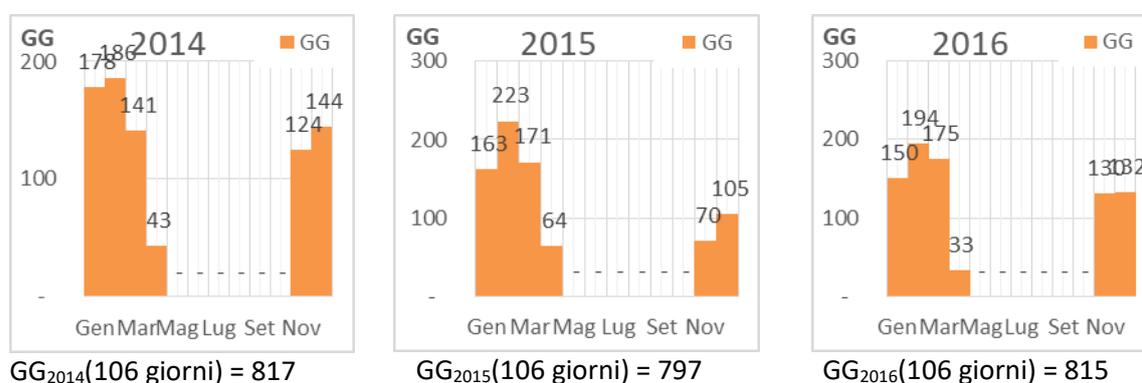


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 806 GG calcolati su 106 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 risulta abbastanza lineare. L'anno risultato più rigido è il 2014. I dati reali, comunque, si presentano congrui a quelli indicati dal DPR, con scostamenti inferiori al 7%.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura in calcestruzzo armato intelaiata da una muratura di tamponamento in mattoni forati all'interno e mattoni pieni all'esterno con riempimento debolmente legato.

La copertura è di tipo piana.

Il piano terra è collocato in parte su esterno, in parte su locali non riscaldati.

Figura 4-1 - Particolare della porzione di involucro



L'edificio è collocato nelle vicinanze del mare, con esposizione a Sud ed è circondata da edifici o da alberi di altezza pari a quella dell'edificio. La superficie laterale dell'edificio risulta quindi spesso in ombra.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che appartenendo a una zona considerata di "bellezze singole", è soggetto a vincoli paesaggistici.

Figura 4-2 - Particolare della copertura piana



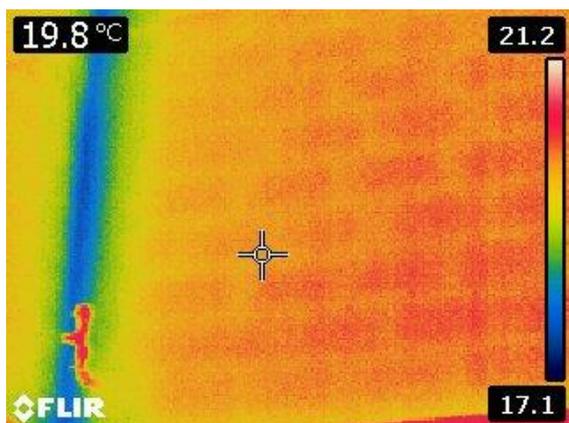
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E50
- Analisi visiva e fotografica delle componenti strutturali

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Struttura con riempimento debolmente legato e muratura di tamponamento;
- Solai in calcestruzzo
- Copertura piana in calcestruzzo armato e membrana impermeabilizzante bitumosa

Figura 4-3 – Rilievo termografico della parete



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	M1	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M2	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M3	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M4	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Porta	M5	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M6	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Solaio	P1	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Pavimento	P2	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Solaio	P3	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Soffitto in calcestruzzo	S1	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Soffitto in calcestruzzo	S2	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in legno e vetro doppio.

Lo stato di conservazione degli stessi è buono, ciò permette poche infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti e dispersioni termiche ridotte.

Figura 4-4 - Particolare dei serramenti



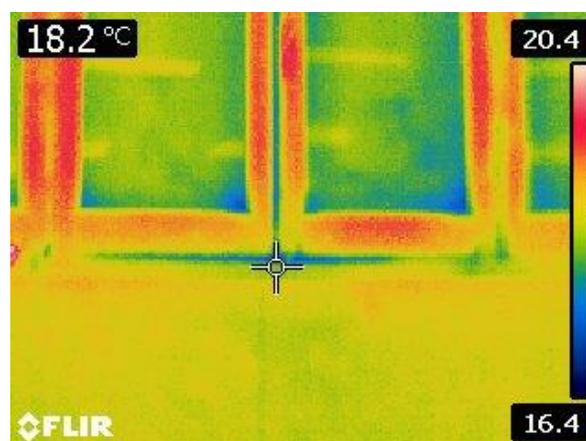
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito secondo le seguenti modalità
- Analisi visiva e fotografica
- Misurazioni con spessimetro e laser per l'individuazione di eventuali rivestimenti superficiali e trattamenti dei vetri.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti vetro doppio con telaio in legno

Figura 4-5 – Rilievo termografico dei serramenti



Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei principali componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento VD	W1	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W2	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W3	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W4	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W5	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono

E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI" e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"

Serramento VD	W6	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W7	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W8	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W9	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W10	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W12	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W13	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W14	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W15	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W16	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W17	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W18	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W19	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W20	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W21	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W22	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W23	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W24	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W25	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W26	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W27	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento VD	W28	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da radiatori a parete, con distribuzione a colonne montanti e generazione mediante caldaia tradizionale funzionante a gas naturale.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori. I radiatori sono installati in prevalenza in nicchie su pareti esterne.

E' importante sottolineare che lo stato di conservazione dei radiatori risulta particolarmente scarso.

Figura 4-6 – Particolare 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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Intero edificio	Radiatori su parete esterna	96,3%

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA MEDIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Seminterrato	Su parete esterna non isolata	9	1,33	11,95	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	12	0,98	11,73	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	12	1,16	13,86	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	11	2,05	22,56	-	-
TOTALE		44		60,1	-	-

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso una sonda climatica esterna collegata alla caldaia. Non sono presenti sistemi di controllo di zona o ambiente.

L'impianto opera dal Lunedì a Venerdì dalle ore 7.00 alle ore 19.00.

Il dettaglio dei profili orari di funzionamento degli impianti, 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
Intero edificio	Sonda climatica esterna	80,2%

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 da un unico circuito primario che collega la caldaia ai radiatori attraverso colonne montanti di distribuzione (fluido termovettore acqua).

È presente una pompa di circolazione marca Grundfos D65-60/2 F con temperatura massima di mandata 80°C e ritorno 70°C.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA	PREVALENZA	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾
			[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
Pompa di circolazione	Grundfos D65-60/2 F	mandata acqua calda a radiatori	37,3 ⁽⁷⁾	58,8 ⁽⁷⁾	0,98

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

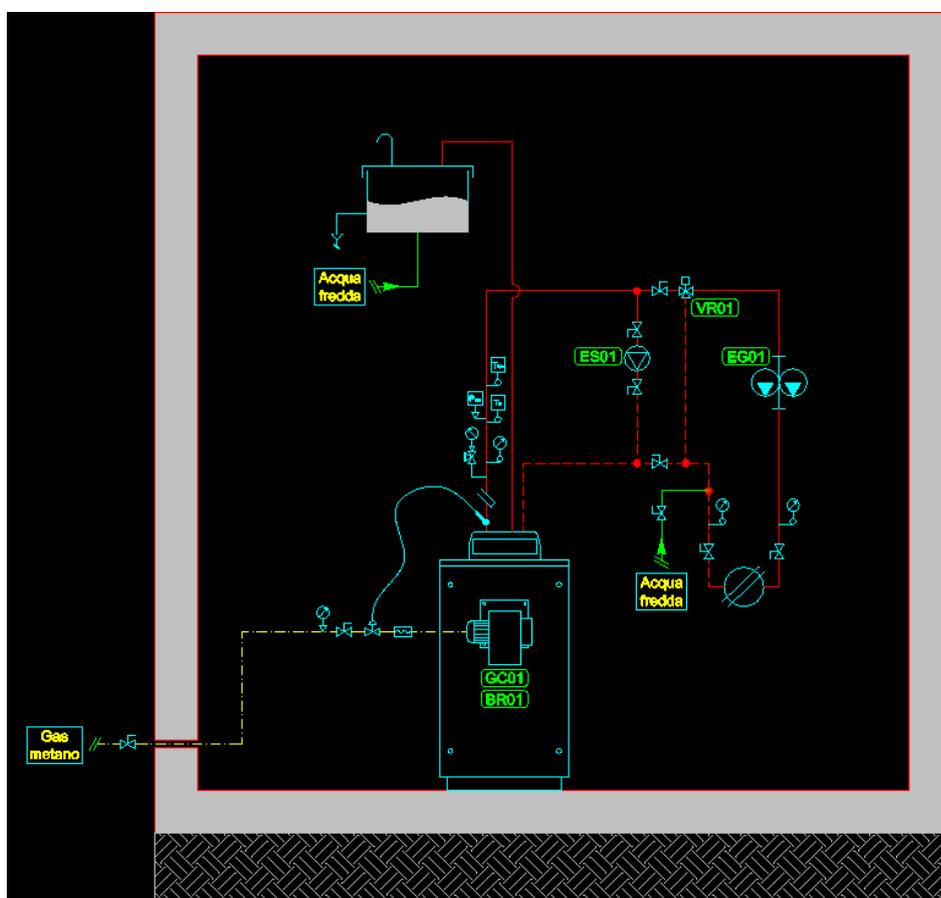
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO ⁽⁸⁾
			°C	°C
Circuito riscaldamento	Mandata	Caldo	41,1	80
	Ritorno	Caldo	29,3	70

Nota (8): Valori utilizzati nel modello di calcolo

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

Figura 4-7 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione, in accordo con la normativa UNI/TS 11300-2 prospetto 15, è stato assunto nella DE pari al 93.8%.

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 caldaia tradizionale IVAR TRISPACE TS 230, funzionante a gas naturale ed installata nel 2007.

Figura 4-8 - Particolare della caldaia



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche del 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	IVAR	TRISPACE TS 230	n.d.	227,9	209	91.7%	n.d.

In accordo con la normativa UNI/TS 11300-2 prospetto 15, il rendimento complessivo del sottosistema di generazione in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 83,3%. Tale valore, essendo dipendente dal carico e quindi dalle temperature esterne, risulta essere leggermente diverso da quello indicato nella scheda tecnica a potenza nominale. Si specifica inoltre che non è stato possibile fare confronti con il rendimento da prova fumi poiché non disponibile.

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 e/o 6.2 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

Figura 4-9 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

La produzione è eseguita tramite 3 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale.



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

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

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

L'elenco dei componenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 e 6.2 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona 1	Frigorifero	1	800	800	7200
Zona 1	Lavastoviglie	1	2000	2000	398
Zona 1	PC	6	200	1200	1592
Zona 1	TV	3	400	1200	199
Zona 1	Fotocopiatrice	2	700	1400	398
Zona 1	Distributore caffè	1	1500	1500	398
Zona 1	LIM	1	500	500	119
Zona 1	Stampante	1	300	300	597
Zona 1	Stereo	1	300	300	80
Zona 1	Lavatrice	1	2000	2000	199
Zona 1	Ascensore	1	4000	4000	156

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito nella totalità da lampade a fluorescenza.

Figura 4-10 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona 1	Fluorescente 2x36W	89	72	6408
Zona 1	Fluorescente 1x36W	48	36	1728
Zona 1	Fluorescente 2x18W	2	36	72
Zona 1	Fluorescente 1x22W	1	22	22
Zona 1	Fluorescente 2x58W	8	106	848

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

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di due contatore, i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti;
- Usi cottura.

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 dei 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	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270050389340	Riscaldamento	-	9854	7190	-	92822	67730
3270032534451	Usi cottura	1711	1762	1638	16118	16598	15430

Non sono presenti dati sui consumi di gas metano del 2014 perché la fornitura è iniziata ad anno in corso.

Non sono presenti dati sui consumi mensili fatturati dei due PDR.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i consumi relativi all'acqua calda sanitaria derivano dall'utilizzo di boiler elettrici e quindi dal vettore energia elettrica;

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

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 106 GIORNI	GG _{RIF} SU 106 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]
2015	797	901	9854	92822	116,5	104.879
2016	815	901	7190	67730	83,1	74.837
Media	806	901	8522	80276	100	89.690,5

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	89.691
$Q_{baseline}$	89.691

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola elementare "Santino Richeri";
- Scuola comunale infanzia "Boccadasse";

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]
IT001E00098145	Complesso scolastico	26.729	24.425	24.462	25.205
TOTALE		26.729	24.425	24.462	EEbaseline 25.205

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX_Rev08) e sono emerse le seguenti differenze:

- Anno 2014: Scostamento di 455 kWh (26729 kWh / 26274 kWh)
- Anno 2015: Scostamento di 1243 kWh (24425 kWh / 25668 kWh)
- Anno 2016: Scostamento di 2191 kWh (24462 kWh / 26653 kWh)

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 25.205 kWh.

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

POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.172	404	347	2.923
Feb - 14	2.178	398	278	2.854
Mar - 14	2.182	413	329	2.924
Apr - 14	1.707	288	305	2.300
Mag - 14	1.876	303	270	2.449
Giu - 14	1.337	224	290	1.851
Lug - 14	701	159	236	1.096
Ago - 14	122	103	195	420
Set - 14	1.586	297	262	2.145

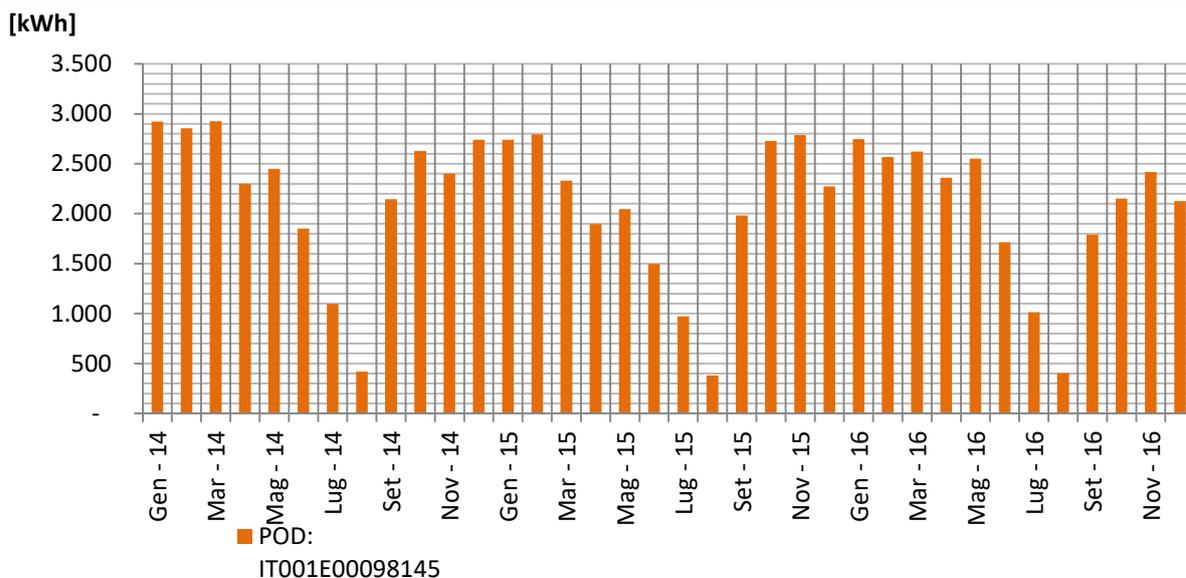


**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Ott - 14	1.876	435	317	2.628
Nov - 14	1.732	335	333	2.400
Dic - 14	2.037	373	329	2.739
Totale	19.506	3.732	3.491	26.729
POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.037	373	329	2.739
Feb - 15	2.137	373	284	2.794
Mar - 15	1.751	289	290	2.330
Apr - 15	1.408	207	282	1.897
Mag - 15	1.479	266	302	2.047
Giu - 15	1.016	209	270	1.495
Lug - 15	531	170	272	973
Ago - 15	142	85	153	380
Set - 15	1.470	263	249	1.982
Ott - 15	2.074	403	251	2.728
Nov - 15	2.070	395	322	2.787
Dic - 15	1.625	310	338	2.273
Totale	17.740	3.343	3.342	24.425
POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.033	390	323	2.746
Feb - 16	1.902	364	302	2.568
Mar - 16	2.001	328	293	2.622
Apr - 16	1.803	284	273	2.360
Mag - 16	1.973	301	276	2.550
Giu - 16	1.215	217	282	1.714
Lug - 16	593	171	251	1.015
Ago - 16	151	96	155	402
Set - 16	1.268	264	258	1.790
Ott - 16	1.548	325	279	2.152
Nov - 16	1.750	359	309	2.418
Dic - 16	1.468	331	326	2.125
Totale	17.705	3.430	3.327	24.462

Si riporta nella Figura 5.1 il profilo elettrico reale relativo all'utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.1 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi al POD considerato 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.

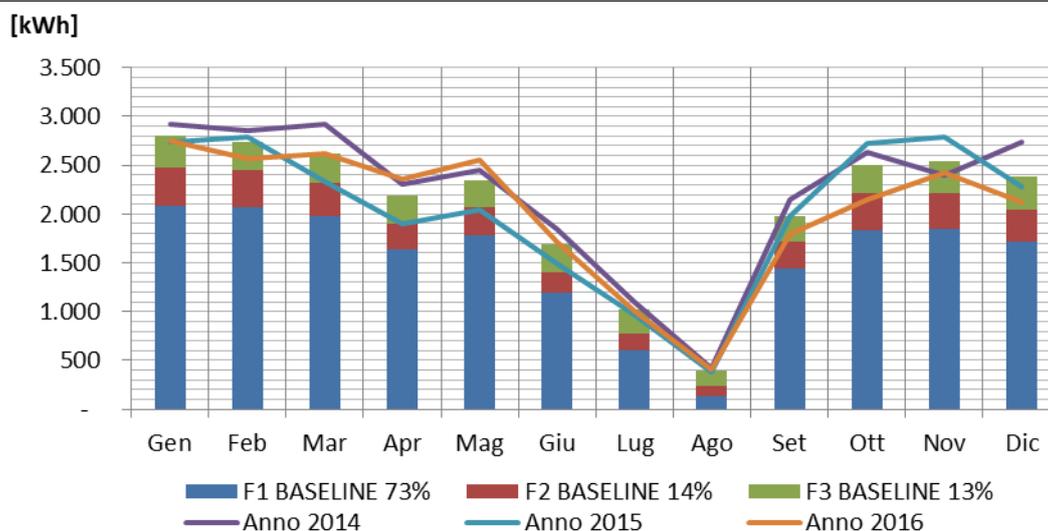
Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.081	389	333	2.803
Febbraio	2.072	378	288	2.739
Marzo	1.978	343	304	2.625
Aprile	1.639	260	287	2.186
Maggio	1.776	290	283	2.349
Giugno	1.189	217	281	1.687
Luglio	608	167	253	1.028
Agosto	138	95	168	401
Settembre	1.441	275	256	1.972
Ottobre	1.833	388	282	2.503
Novembre	1.851	363	321	2.535
Dicembre	1.710	338	331	2.379
Totale	18.317	3.502	3.387	25.205

Il profilo dei consumi di energia elettrica così ottenuto è rappresentato nel grafico in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

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 una forte riduzione nei mesi estivi, in accordo con i profili di occupazione della struttura. Sono presenti consumi anche nei mesi estivi, probabilmente dovuti alla presenza dei collaboratori scolastici e al funzionamento di apparecchiature elettroniche come frigoriferi.

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

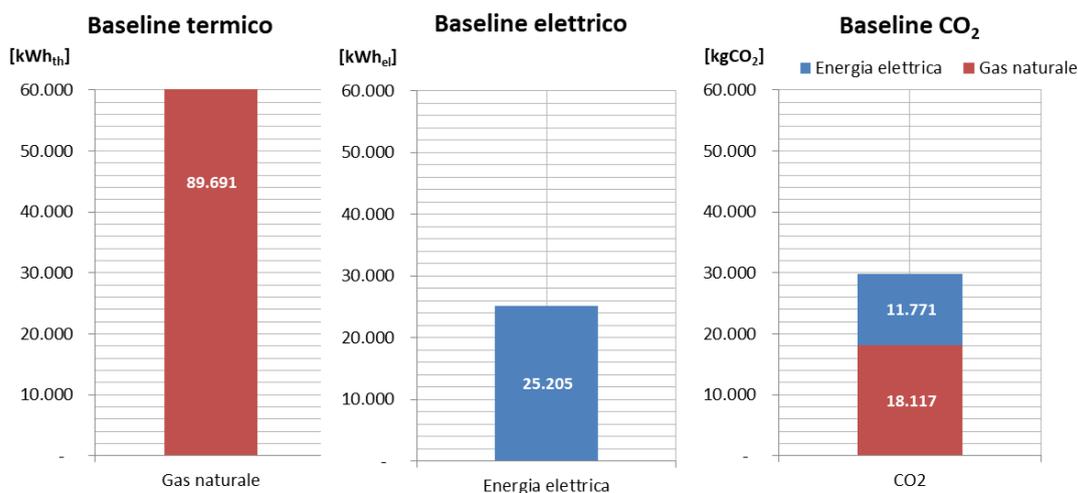
Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.9 e nella Figura 5-3.

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	25.205	0,000467	11,771
Gas naturale	89.691	0,000202	18,117

E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"

Figura 5-3 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

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

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.042	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.065	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	5.615	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	89.691	1,05	94175	90,37	88,45	16,77	17,38	17,01	3,22
Energia elettrica	25.205	2,42	60997	58,53	57,29	10,86	11,29	11,05	2,09
TOTALE			155172	148,90	145,74	27,63	28,68	28,07	5,32

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

E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	89.691	1,05	94175	90,37	88,45	16,77	17,38	17,01	3,22
Energia elettrica	25.205	1,95	49150,4	47,17	46,16	8,75	11,29	11,05	2,09
TOTALE			143325,458	137,54	134,61	25,53	28,68	28,07	5,32

Figura 5-4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

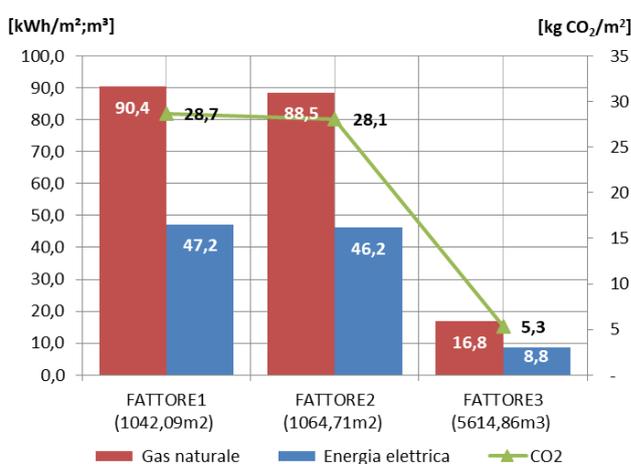
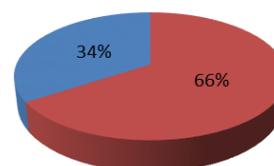
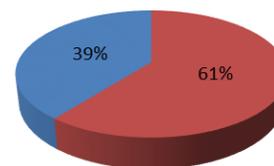


Figura 5-5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	6,9	9,4	6,9	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	8088,1	7390,9	7402,1

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo come risultato "Buono" sia per l'indocatore IEN_R che per l'indicatore IEN_E, coerentemente con quanto riportato nell'Allegato M - Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	179,72	168,30
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	125,15	124,33
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	11,72	9,44
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	40,46	32,61
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	2,39	1,92
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	36.850	

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 [kWh/anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	89.691	94.175
Energia Elettrica	25.205	49.150

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 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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor sulla base dei dati di targa

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 adattando tutti i parametri sulla base delle informazioni raccolte in sede di sopralluogo.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP_{gl}	kWh/mq anno	141,25	131,60
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	94,60	94,19
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	11,72	9,44
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	33,26	26,80
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,45	1,17
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	29.049	

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	9.140	90.842
Energia Elettrica		21.674

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
90.842,35	89.690,5	1,27%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
26.141,31	25.205,33	3,6%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

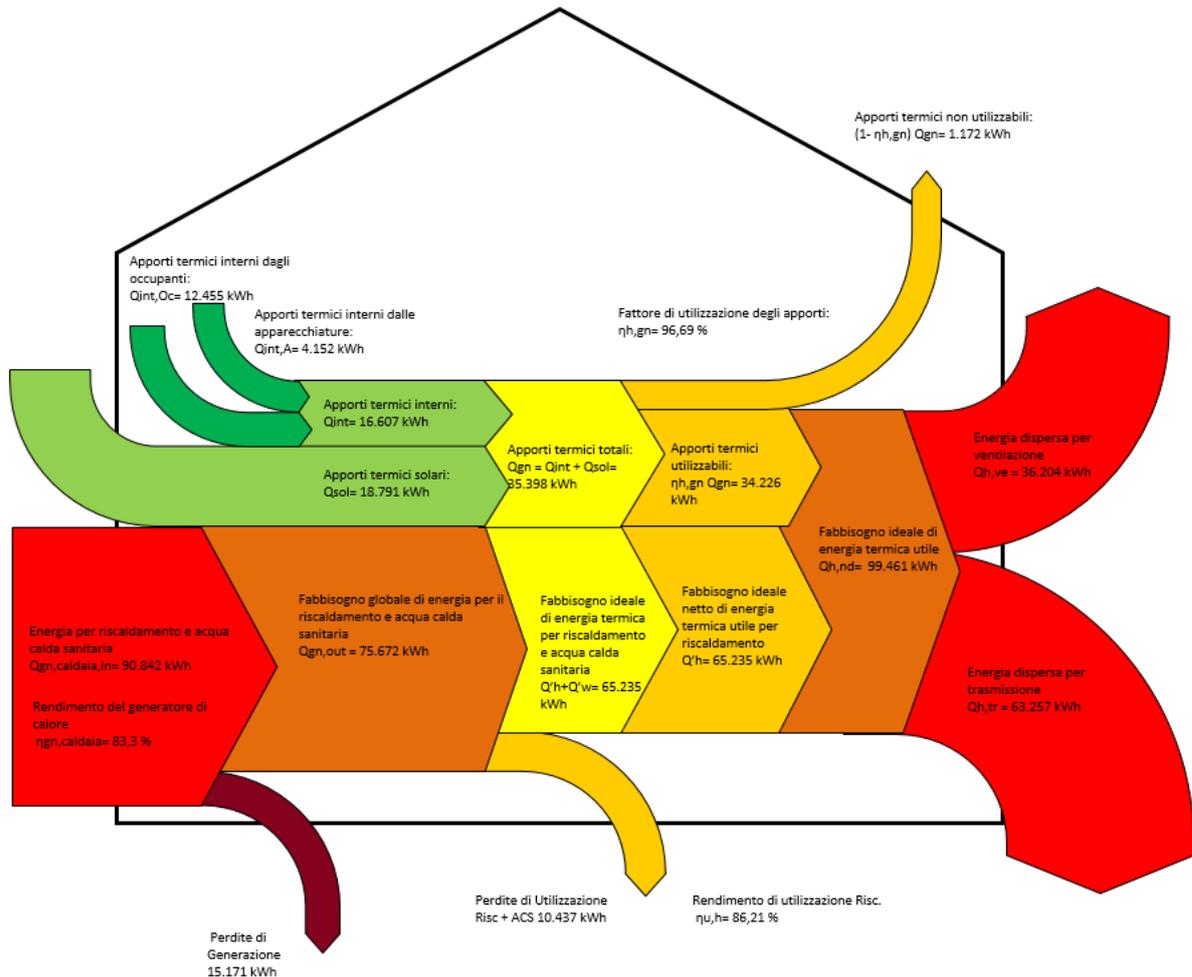
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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 riportato in

Figura 6-1

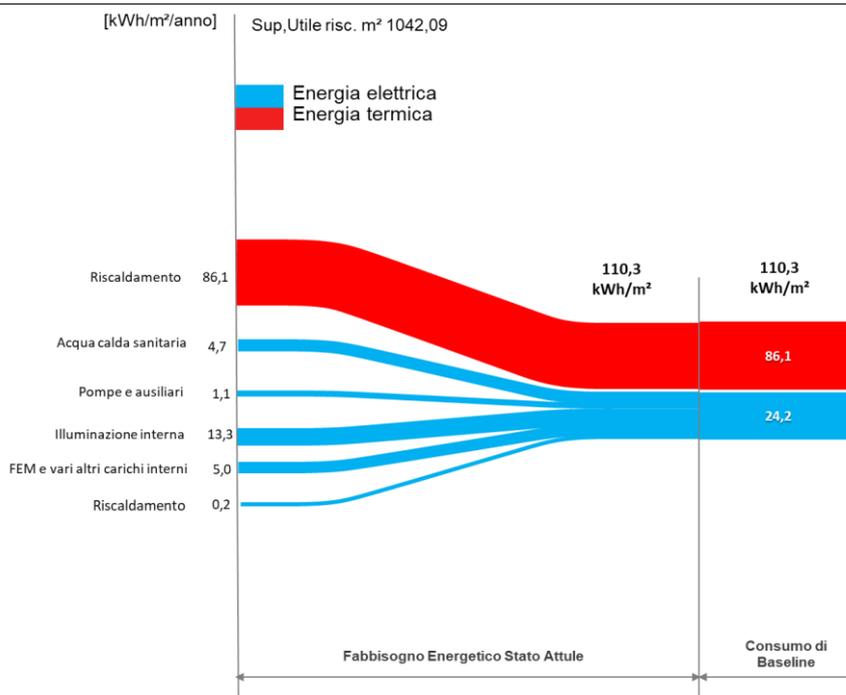
Figura 6-1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'energia dispersa per trasmissione rappresenta la quota maggiormente disperdente.

È 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.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

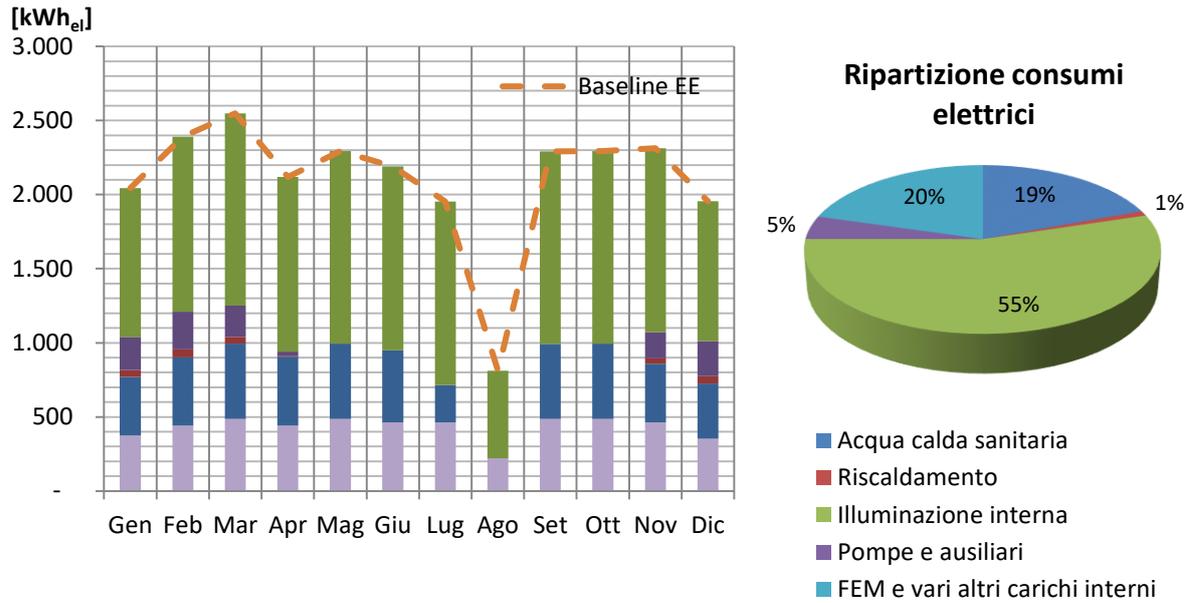
I consumi energetici termici di Baseline dell'edificio oggetto della DE sono interamente dovuti al riscaldamento degli ambienti.

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 6-3.

Figura 6-3 – 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 degli spazi interni.

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.

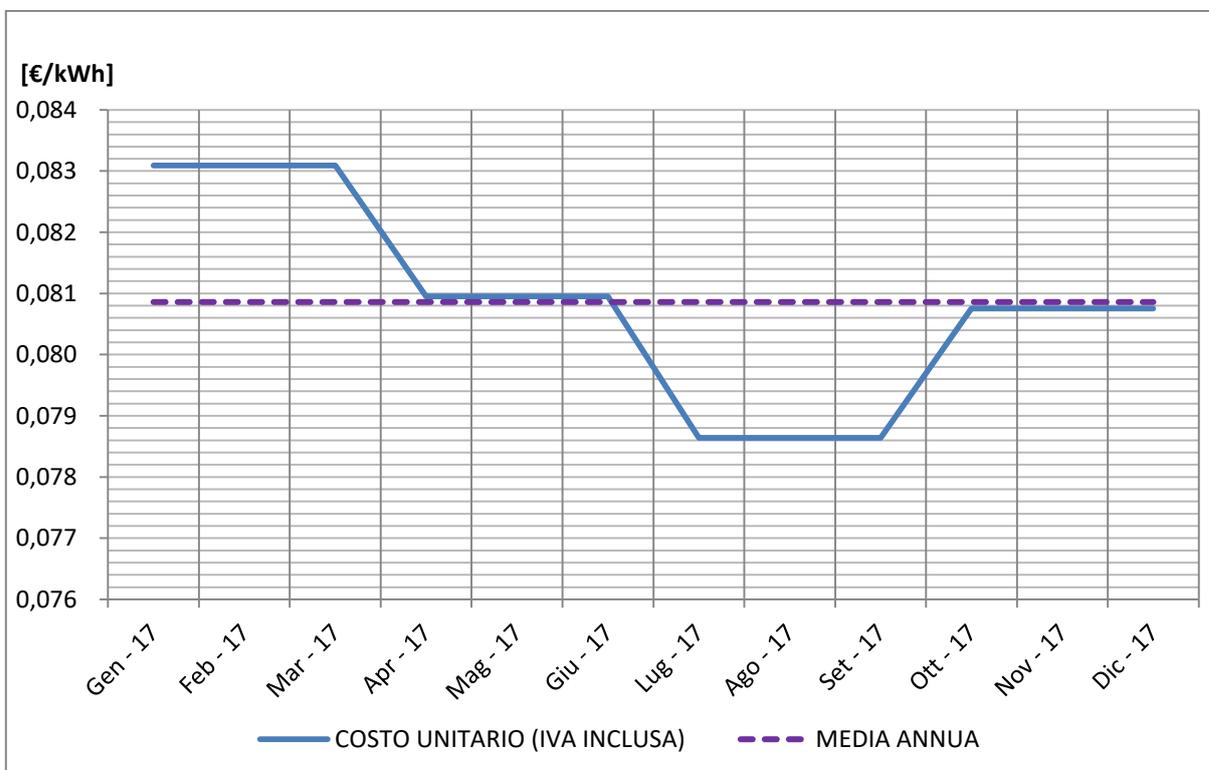
7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite due contratti differenti per i due PDR presenti all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270050389340: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 3270032534451: 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.

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

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite:

- POD – IT001E00098145: 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: IT001E00012345	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	Comune di Genova		
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison(Gennaio-Marzo) - Gala(Aprile-Dicembre)	Gala(Gennaio-Marzo) - IREN Mercato Spa(Aprile-Dicembre)
Potenza elettrica impegnata	15 kW	15 kW	15 kW
Potenza elettrica disponibile	18 kW	18 kW	18 kW
Tipologia di contratto	Utenza Altri Usi - BT	Utenza Altri Usi - BT	Utenza Altri Usi - BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	-	-	-

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

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

Nella Tabella 7.2 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: IT001E00098 145	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	253	14	284	37	59	646	2.923	0,221
Feb – 14	227	15	291	36	57	625	2.854	0,219
Mar – 14	232	15	297	37	58	638	2.924	0,218
Apr – 14	181	13	259	29	48	531	2.300	0,231
Mag – 14	194	14	270	31	51	558	2.449	0,228
Giu – 14	144	11	214	23	39	431	1.851	0,233
Lug – 14		-	-		-	-	1.096	-
Ago – 14	29	5	89	5	13	141	420	0,335
Set – 14	168	12	246	27	45	498	2.145	0,232
Ott – 14	204	15	288	33	54	594	2.628	0,226



**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Nov – 14	184	14	268	30	49	544	2.400	0,227
Dic – 14	169	13	257	29	47	514	2.739	0,188
Totale	1.984	140	2.761	315	520	5.720	26.729	0,214
POD: IT001E00098 145	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	199	13	286	34	53	586	2.739	0,214
Feb – 15	195	14	291	35	53	588	2.794	0,210
Mar – 15	195	15	302	37	55	603	2.924	0,206
Apr – 15	86	11	226	24	35	381	1.897	0,201
Mag – 15	88	11	219	26	34	377	2.047	0,184
Giu – 15	62	8	168	19	26	283	1.495	0,189
Lug – 15	40	5	110	12	17	184	973	0,189
Ago – 15	16	3	54	5	8	85	380	0,223
Set – 15	70	11	222	25	33	360	1.982	0,182
Ott – 15	91	14	291	34	43	474	2.728	0,174
Nov – 15	95	15	299	35	44	487	2.787	0,175
Dic – 15	162	12	246	28	45	494	2.273	0,217
Totale	1.299	132	2.713	313	446	4.902	25.019	0,196
POD: IT001E00098 145	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	163	14	287	34	50	549	2.746	0,200
Feb – 16	115	14	271	32	43	476	2.568	0,185
Mar – 16	108	14	272	33	43	469	2.622	0,179
Apr – 16	86	14	260	30	39	430	2.360	0,182
Mag – 16	103	14	279	32	43	471	2.550	0,185
Giu – 16	75	14	202	21	31	344	1.714	0,201
Lug – 16	51	14	139	13	22	239	1.015	0,235
Ago – 16	17	14	77	5	11	125	402	0,311
Set – 16	93	14	216	22	35	380	1.790	0,212
Ott – 16	141	14	242	27	42	466	2.152	0,217
Nov – 16	178	14	268	30	49	539	2.418	0,223
Dic – 16	148	14	239	27	43	470	2.125	0,221
Totale	1.279	172	2.752	306	451	4.959	24.462	0,203

Nel grafico in Figura 7-2 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.

E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"

Figura 7-2 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

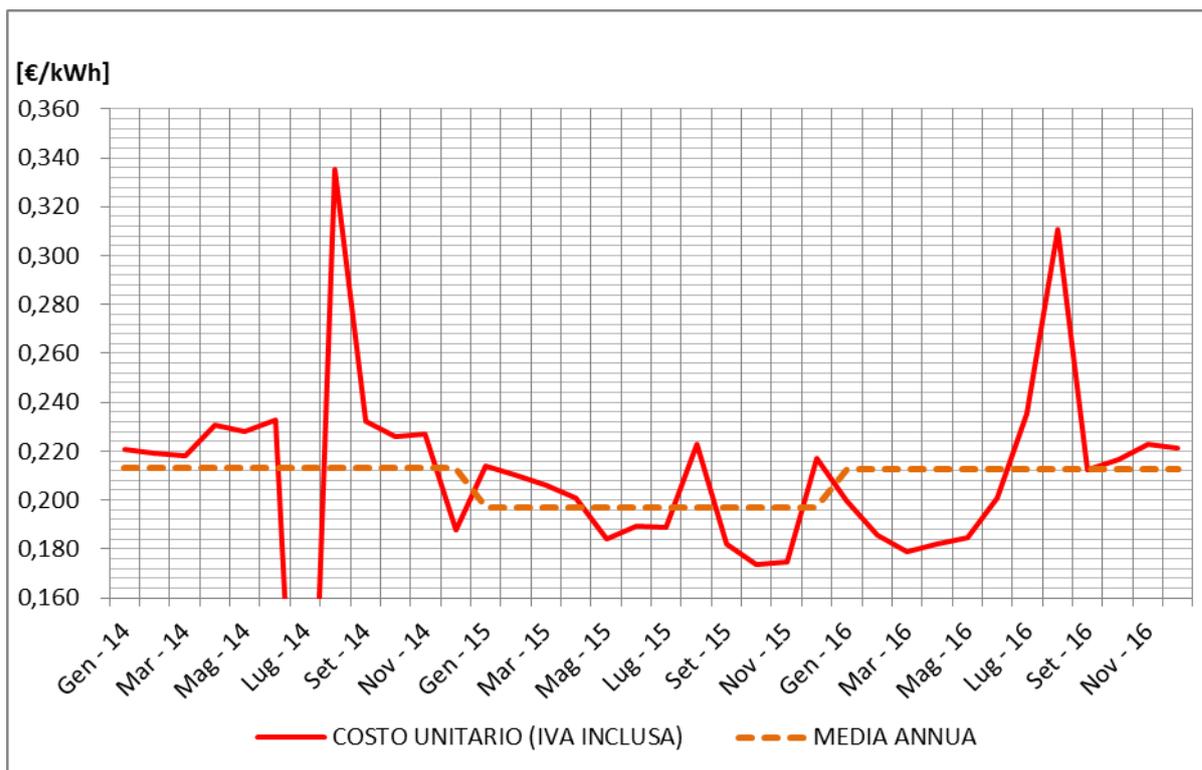
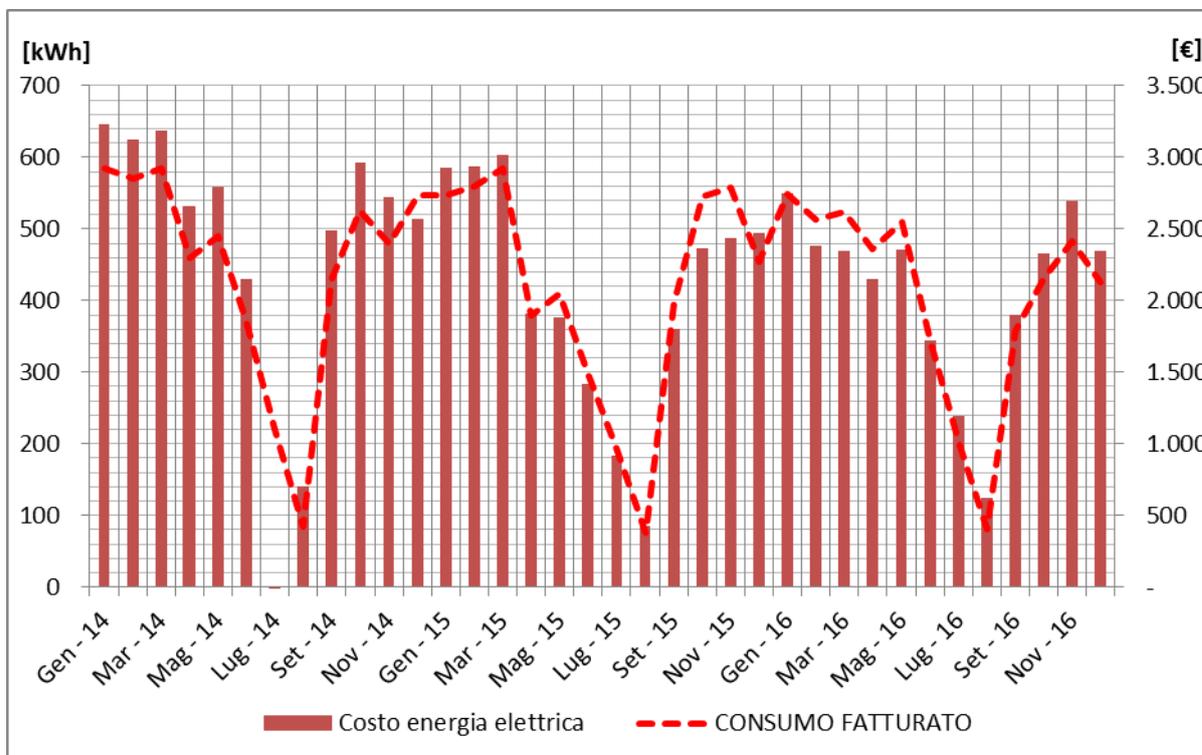


Figura 7-3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi possiede un andamento pressoché uguale nei 3 anni di riferimento.

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		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	67.730	n.d.	-	26.729	5.720	0,214
2015	92.822	n.d.	-	25.019	4.902	0,196
2016	67.730	n.d.	-	24.462	4.959	0,203
2017	n.d.	n.d.	0,0822	-	-	0,223
Media	80.276	-	0,822	25.205	5.194	0,209

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	CU _Q	0,082 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	CU _{EE}	0,223 [€/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 -042-147: 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 9.592,20€.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

kyotoBaseline-EXXXX. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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

$$C_M = C_{SIE3} - C_Q;$$

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

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

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

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

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	C_{MO}	1.755 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	466 [€/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:

$$C_E = Q_{baseline} \times C_{uQ} + EE_{baseline} \times C_{uEE}$$

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

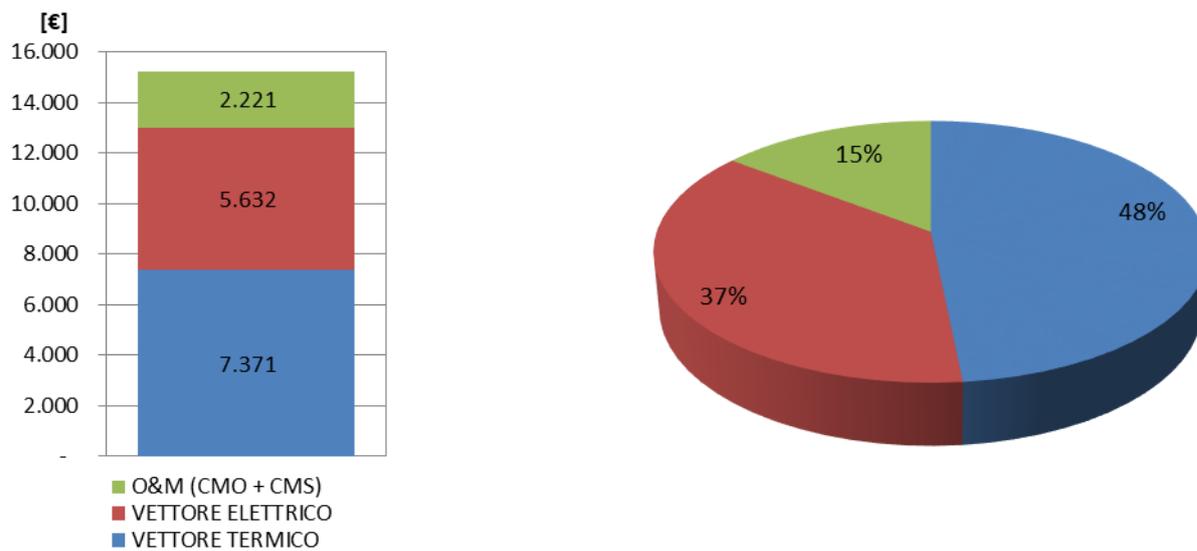
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 9.497 e un $C_{baseline}$ pari a € 11.718.

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}	$CQ+C_{EE}+C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
89.691	0,082	7.371	25.205	0,223	5.632	2.221	1.755	466	15.224

Figura 7-4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento con cappotto interno

Generalità

La misura prevede l'installazione di un cappotto interno costituito da pannelli isolanti, nel caso analizzato calcio silicato, fissato e tassellato alla copertura esistente. Il sistema è completato con intonaco di finitura.

L'isolamento della copertura consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi. Inoltre è in grado di apportare benefici sia durante il periodo invernale che durante quello estivo, migliorando il comfort abitativo.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Sono stati considerati pannelli con spessore di 130cm in calcio silicato con conducibilità pari a 0,045W/mK. E' importante collocare anche una barriera a vapore per assicurare l'assenza del rischio di condensazione interstiziale.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

Un collante viene applicato ai pannelli e questi vengono fissati all'interno della copertura, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. Fissati i pannelli si procede stendendo l'intonaco di finitura.

Essendo un cappotto interno si procederà allo spostamento e ricollocamento di tutte le utenze elettriche coinvolte l'impianto di illuminazione.

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 interno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza pareti esterne	[W/m ² K]	0,912	0,260	71,5%
Q _{teorico}	[kWh]	90.842	67.255	26,0%
EE _{teorico}	[kWh]	26.141	25.560	2,2%
Q _{baseline}	[kWh]	89.691	66.402	26,0%
EE _{baseline}	[kWh]	25.205	24.645	2,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.117	13.413	26,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	11.771	11.509	2,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	29.888	24.922	16,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.371	5.457	26,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.632	5.507	2,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	13.003	10.964	15,7%
C _{MO}	[€]	1.755	1.755	0,0%
C _{MS}	[€]	466	466	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.221	2.221	0,0%
OPEX	[€]	15.224	13.185	13,4%

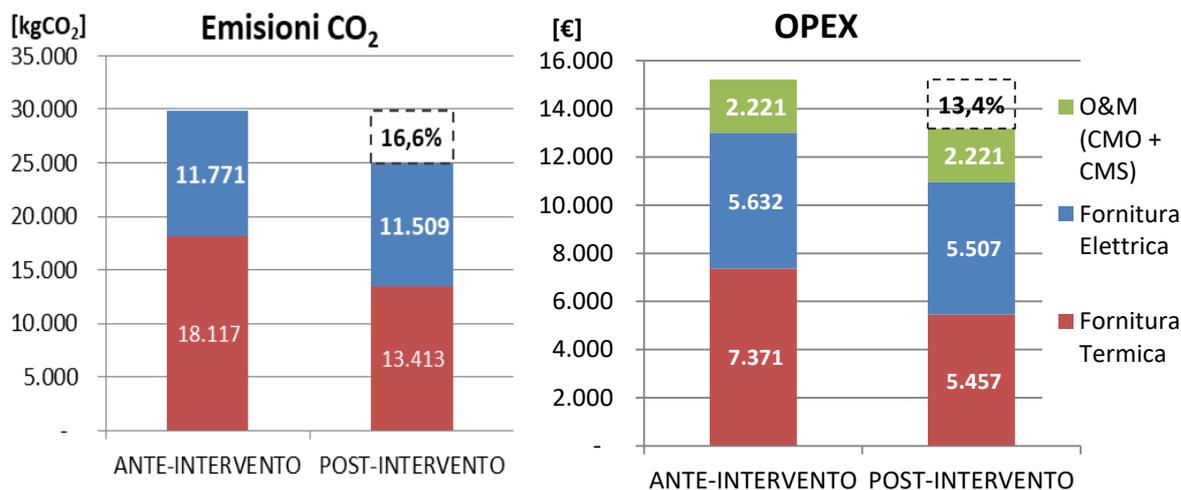
**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Classe energetica [-] D C +1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8-1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM2: Isolamento copertura

Generalità

La misura prevede la posa di una copertura esterna isolante, nel caso analizzato polistirene estruso XPS100, fissato e tassellato alla copertura esistente.

L'isolamento della copertura consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi. Inoltre è in grado di apportare benefici sia durante il periodo invernale che durante quello estivo, migliorando il comfort abitativo.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Sono stati considerati pannelli con spessore di 15cm in XPS100 con conducibilità pari a 0,038W/mK. E' importante collocare anche una barriera a vapore per assicurare l'assenza del rischio di condensazione interstiziale.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

Un collante viene applicato ai pannelli e questi vengono fissati all'interno della copertura, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. Fissati i pannelli si procede stendendo l'intonaco di finitura.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8-2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura piana	[W/m ² K]	1,513	0,220	85,5%
Q _{teorico}	[kWh]	90.842	84.054	7,5%
EE _{teorico}	[kWh]	26.141	25.830	1,2%

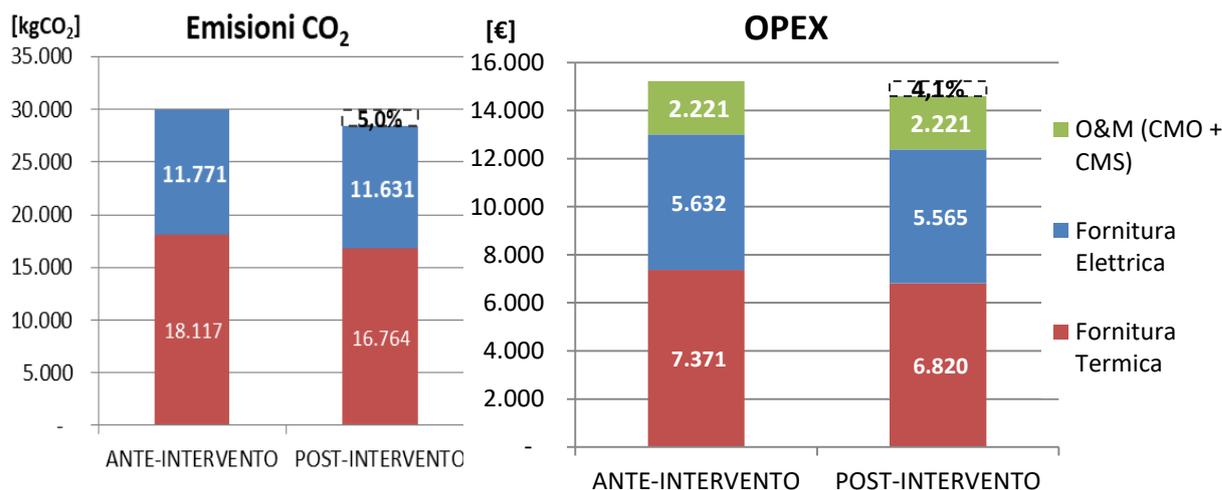
**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Q _{baseline}	[kWh]	89.691	82.989	7,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	25.205	24.905	1,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.117	16.764	7,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	11.771	11.631	1,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	29.888	28.395	5,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.371	6.820	7,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.632	5.565	1,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	13.003	12.386	4,8%
C _{MO}	[€]	1.755	1.755	0,0%
C _{MS}	[€]	466	466	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.221	2.221	0,0%
OPEX	[€]	15.224	14.607	4,1%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8-2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

Generalità

L'intervento consiste nell'installazione su tutti i radiatori dell'edificio di valvole termostatiche e relativi comandi.

Questo intervento permette di ottenere un risparmio energetico legato all'effettiva richiesta di carico termico differenziabile per ciascun ambiente di ogni zona climatizzata con un sensibile aumento. Al fine di un corretto funzionamento è prevista l'installazione di una pompa modulante in sostituzione a quella esistente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione delle valvole termostatiche consente di incrementare notevolmente il rendimento di generazione, andando ad intervenire sulla temperatura di set point locale per locale.

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Con questa soluzione il rendimento di regolazione risulta pari al 98 % (regolazione ambiente con banda proporzionale ad 1°C).

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

Un collante viene applicato ai pannelli e questi vengono fissati all'interno della copertura, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. Fissati i pannelli si procede stendendo l'intonaco di finitura.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8-3.

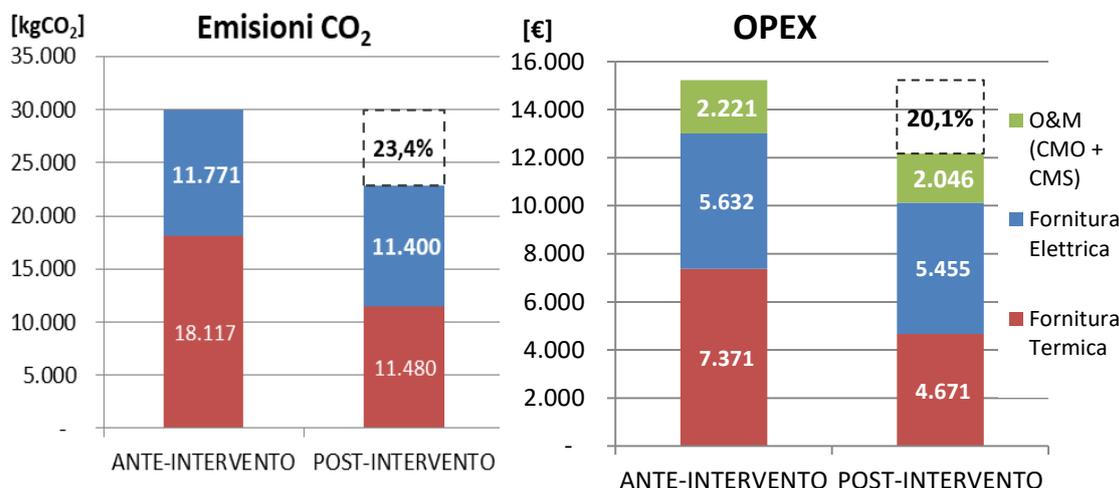
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Q _{teorico}	[kWh]	90.842	57.560	36,6%
EE _{teorico}	[kWh]	26.141	25.318	3,2%
Q _{baseline}	[kWh]	89.691	56.831	36,6%
EE _{baseline}	[kWh]	25.205	24.411	3,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.117	11.480	36,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	11.771	11.400	3,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	29.888	22.880	23,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.371	4.671	36,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.632	5.455	3,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	13.003	10.125	22,1%
C _{MO}	[€]	1.755	1.579	10,0%
C _{MS}	[€]	466	466	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.221	2.046	7,9%
OPEX	[€]	15.224	12.171	20,1%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8-3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM4: Installazione caldaia a condensazione

Generalità

L'intervento consiste nella sostituzione dell'attuale generatore di calore con una caldaia a condensazione ad alto rendimento. La potenzialità è valutata in base alla combinazione o meno di questo intervento con interventi sull'involucro.

Per la sola sostituzione della caldaia si è valutata una potenzialità pari a 134,9 kW.

In combinazione con tutti gli altri interventi singoli si è valutata una potenzialità pari a 116 kW.

L'installazione di un nuovo generatore ad alta efficienza comporta un risparmio energetico, maggiore sicurezza ed affidabilità, minori emissioni inquinanti in ambiente ed una migliore efficienza ai carichi parziali in funzione del fattore di carico dell'edificio.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di un generatore a condensazione consente di ottenere un rendimento di generazione pari al 98,5%.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8-4.

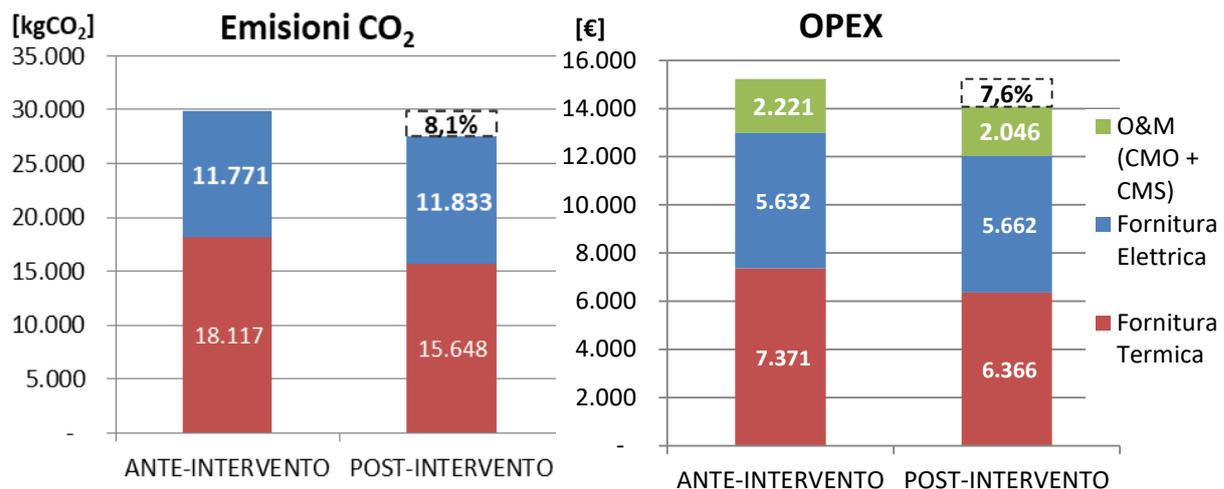
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione caldaia a condensazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento caldaia	[%]	91,7	98,2	-7,1%
Q _{teorico}	[kWh]	90.842	78.459	13,6%
EE _{teorico}	[kWh]	26.141	26.278	-0,5%
Q _{baseline}	[kWh]	89.691	77.464	13,6%
EE _{baseline}	[kWh]	25.205	25.337	-0,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.117	15.648	13,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	11.771	11.833	-0,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	29.888	27.480	8,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.371	6.366	13,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.632	5.662	-0,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	13.003	12.028	7,5%
C _{MO}	[€]	1.755	1.579	10,0%
C _{MS}	[€]	466	466	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.221	2.046	7,9%
OPEX	[€]	15.224	14.074	7,6%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8-4 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione lampade a LED a basso consumo

Generalità

Si prevede la sostituzione delle pre-esistenti sorgenti luminose con sorgenti luminose a LED più efficienti nel rispetto dei livelli di illuminamento preesistenti.

Una maggiore efficienza luminosa consente di ridurre i consumi di energia elettrica e di aumentare la vita utile dei singoli corpi illuminanti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si sostituiscono le seguenti sorgenti luminose:

- Lampade fluorescenti 2x18W con lampade LED da 1x20 W;
- Lampade fluorescenti 1x36W con lampade LED da 1x20 W;
- Lampade fluorescenti 2x36W con lampade LED da 1x36 W;
- Lampade fluorescenti 2x58W con lampade LED da 1x48 W.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8-5.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione lampade a LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza totale illuminazione	[kW]	11,08	5,22	52,9%
Q _{teorico}	[kWh]	90.842	90.842	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	26.141	18.609	28,8%
Q _{baseline}	[kWh]	89.691	89.691	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	25.205	17.943	28,8%
Emiss. CO ₂ Termico	[kgCO ₂]	18.117	18.117	0,0%
Emiss. CO ₂ Elettrico	[kgCO ₂]	11.771	8.379	28,8%
Emiss. CO₂ TOT	[kgCO₂]	29.888	26.497	11,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.371	7.371	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.632	4.009	28,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	13.003	11.381	12,5%
C _{MO}	[€]	1.755	1.755	0,0%

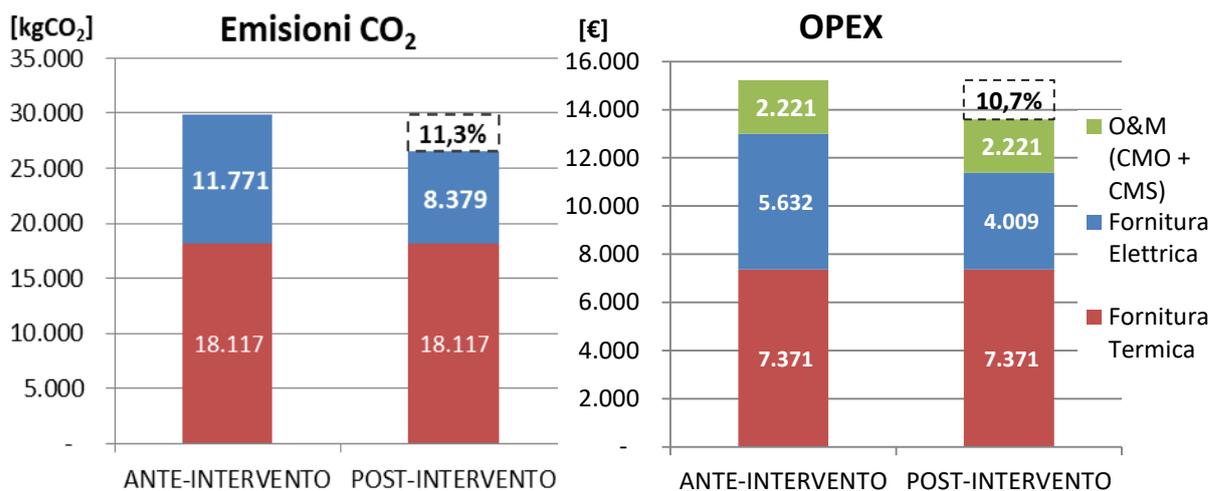
**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

C _{MS}	[€]	466	466	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.221	2.221	0,0%
OPEX	[€]	15.224	13.602	10,7%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8-5 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



Acqua calda sanitaria

Non è stato previsto nessun intervento sulla sostituzione dei generatori di ACS in quanto il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento con cappotto interno

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache verticali dall'interno, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 80 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZIARIO [€/m ² cm]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/m ² cm]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
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	12671,9	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 40.204,54	22%	€ 49.049,54
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	984,78	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 734,11	22%	€ 895,61
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	492,39	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 219,34	22%	€ 267,59
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	24,62	m2	€ 21,17	€ 19,25	€ 473,81	22%	€ 578,05
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	984,78	m2	€ 4,80	€ 4,36	€ 4.297,22	22%	€ 5.242,61
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.377,87	22%	€ 1.681,00
Costi per la progettazione	-	7%	%			€ 3.215,03	22%	€ 3.922,34
TOTALE (Ia)						€ 50.522	22%	€ 61.637
Incentivi	Conto termico							€ 24.654,70
Durata incentivi								1
Incentivo annuo								€ 24.654,70

EEM2: Isolamento esterno della copertura

Nella

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache orizzontali, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 200 €/mq per l'isolamento dall'esterno della copertura e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

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

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache orizzontali, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 200 €/mq per l'isolamento dall'esterno della copertura e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZIARIO [€/m ² cm]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/m ² cm]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Preparazione copertura	Prezzario Regione Liguria	308,47	m2	€ 6,88	€ 6,25	€ 1.929,34	22%	€ 2.353,79
Fornitura materiale impermeabilizzante	Prezzario Regione Liguria	308,47	m2	€ 5,11	€ 4,65	€ 1.432,98	22%	€ 1.748,24
Posa in opera materiale impermeabilizzante	Prezzario Regione Liguria	308,47	m2	€ 11,81	€ 10,74	€ 3.311,85	22%	€ 4.040,45
Fornitura materiale isolante (XPS 0.038 W/mK - spessore 2-3-4-5-6)	Prezzario Regione Liguria	308,47	m2	€ 33,00	€ 30,00	€ 9.254,10	22%	€ 11.290,00
Posa in opera materiale isolante	Prezzario Regione Liguria	308,47	m2	€ 6,68	€ 6,07	€ 1.873,25	22%	€ 2.285,37
Fornitura tessuto non tessuto	Prezzario Regione Liguria	308,47	m2	€ 2,44	€ 2,22	€ 684,24	22%	€ 834,78
Posa in opera tessuto non tessuto	Prezzario Regione Liguria	308,47	m2	€ 4,98	€ 4,53	€ 1.396,53	22%	€ 1.703,76
Fornitura piastrelle cemento	Prezzario Regione Liguria	308,47	m2	€ 12,40	€ 11,27	€ 3.477,30	22%	€ 4.242,30
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	517,05	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 6.712,25	22%	€ 8.188,94
Costi per la sicurezza	-	3%	%			902,1552273	22%	€ 1.100,63
Costi per la progettazione	-	7%	%			2105,028864	22%	€ 2.568,14

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

TOTALE (I₀)	€ 33.079	22%	€ 40.356
Incentivi	Conto termico		€ 16.142,56
Durata incentivi			1
Incentivo annuo			€ 16.142,56

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

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

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZIARIO [€/m ² cm]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/m ² cm]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	44	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 1.416,80	22%	€ 1.728,50
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 65, PN6-10, prevalenza da 1 a 10 m, portata da 1 a 38 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 3.491,40	€ 3.174,00	€ 3.174,00	22%	€ 3.872,28
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 65 mm fino a 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 63,62	€ 57,84	€ 57,84	22%	€ 70,56
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	18	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 512,01	22%	€ 624,65
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 155,44	22%	€ 189,63
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 362,69	22%	€ 442,48
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 5.699	22%	€ 6.953

EEM4: Installazione caldaia a condensazione

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento di sostituzione della caldaia con un generatore di calore a condensazione, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 130 €/kWh e un valore massimo dell'incentivo pari a 40.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4.

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento di sostituzione della caldaia con un generatore di calore a condensazione, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 130 €/kWh e un valore massimo dell'incentivo pari a 40.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
				[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[€]	[€]
Fornitura e posa della nuova caldaia a condensazione a basamento	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 7.969,50	€ 7.245,00	€ 7.245,00	22%	€ 8.838,90
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 165,72	€ 150,65	€ 150,65	22%	€ 183,80
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	1	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 25,87	22%	€ 31,56
Rimozione generatore esistente.	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 1.426,90	€ 1.297,18	€ 1.297,18	22%	€ 1.582,56
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	16	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 500,51	22%	€ 610,62
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.159,27	22%	€ 1.414,31
Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni	Prezzario Regione Liguria	60	m ³ km	€ 4,72	€ 4,29	€ 257,45	22%	€ 314,09
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 337,91	22%	€ 412,25
Costi per la progettazione	-	7%	%			€ 788,46	22%	€ 961,92
TOTALE (I₀)						€ 12.390	22%	€ 15.116
Incentivi	Conto termico							€ 8.294
Durata incentivi								1
Incentivo annuo								€ 8.294

EEM5: Lampade LED

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di sostituzione di corpi illuminanti con lampade a LED, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera f), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 35 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 70.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di sostituzione di corpi illuminanti con lampade a LED, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera f), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 35 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 70.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZIARIO [€/m²cm]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/m²cm]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Installazione lampada LED 1x36W	Prezzario Regione Liguria	89	cad	€ 156,66	€ 142,42	€ 12.675,22	22%	€ 15.463,77
Installazione lampada LED 1x20W	Prezzario Regione Liguria	24	cad	€ 98,61	€ 89,65	€ 2.151,49	22%	€ 2.624,82
Installazione lampada LED 1x48W	Prezzario Regione Liguria	32	cad	€ 185,06	€ 168,24	€ 5.383,56	22%	€ 6.567,95
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 606,31	22%	€ 739,70
Costi per la progettazione	-	7%	%			€ 1.414,72	22%	€ 1.725,96
TOTALE (I₀)						€ 22.231	22%	€ 27.122
Incentivi	Conto termico							€ 10.848,87
Durata incentivi								1
Incentivo annuo								€ 10.848,87

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, l' 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: Isolamento con cappotto interno

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento con cappotto interno

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	61.637
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	24.655
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	26,5	15,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	44,0	24,8
Valore attuale netto	VAN	-20.160	3.547
Tasso interno di rendimento	TIR	0,7%	4,8%
Indice di profitto	IP	-0,33	0,06

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

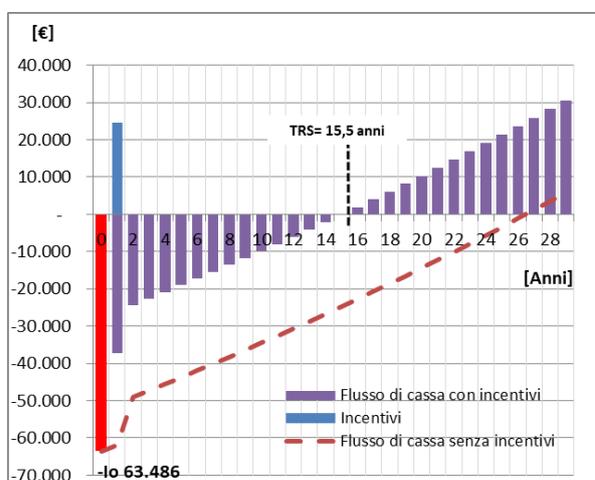
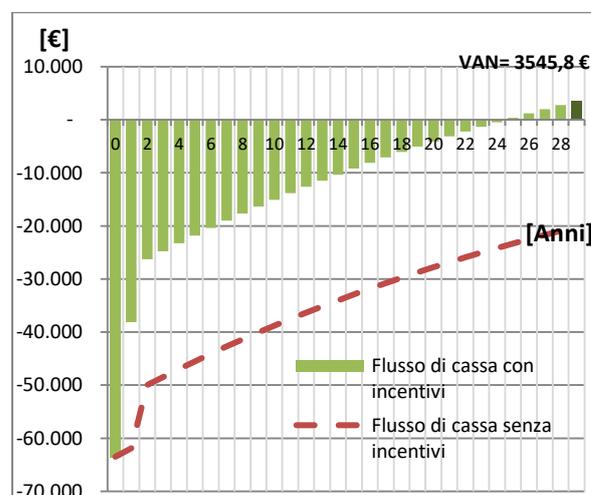


Figura 9-2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"

Dall'analisi effettuata è emerso che il pay-back dell'investimento è inferiore al periodo di vita utile dell'intervento.

EEM2: Isolamento esterno della copertura

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

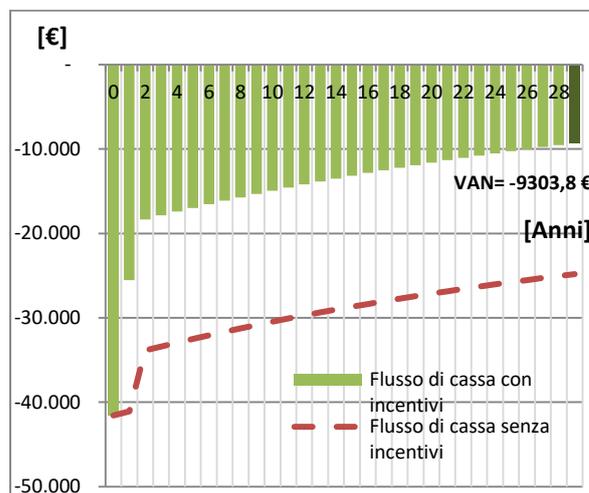
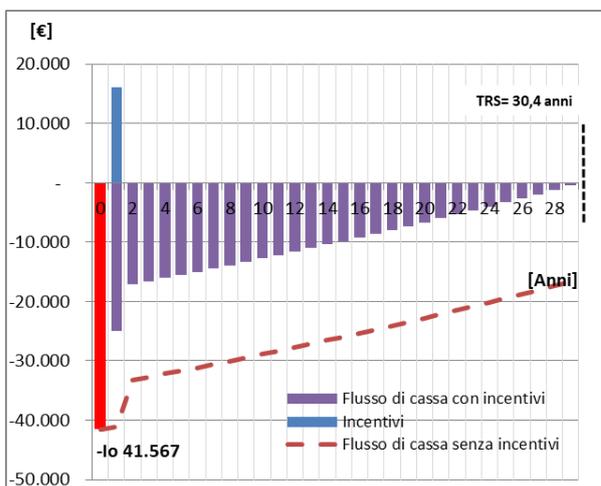
Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Isolamento esterno della copertura

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	40.356
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	16.142
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	50,0	30,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	74,5	38,7
Valore attuale netto	VAN	- 24.825	-9.304
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,7%	-0,2%
Indice di profitto	IP	-0,62	-0,23

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9-3 e Figura 9-4.

Figura 9-3 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9-4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il pay-back dell'investimento è maggiore del periodo di vita utile dell'intervento.

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	6.953

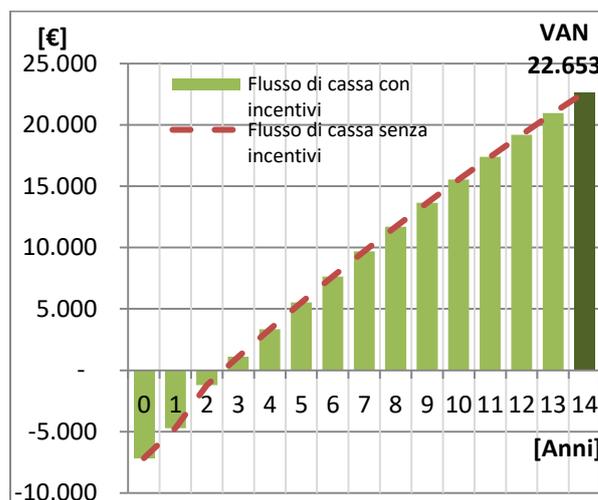
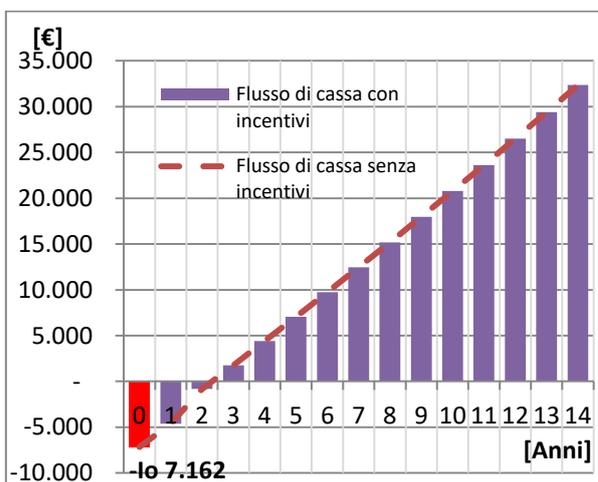
**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Oneri Finanziari % l_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,4	2,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,6	2,6
Valore attuale netto	VAN	22.653	22.653
Tasso interno di rendimento	TIR	39,6%	39,6%
Indice di profitto	IP	3,26	3,26

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9-5 e Figura 9-6.

Figura 9-5 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9-6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il pay-back dell'investimento è inferiore al periodo di vita utile dell'intervento.

EEM4: Installazione caldaia a condensazione

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Installazione caldaia a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	l_0	€	16.235
Oneri Finanziari % l_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	6.494
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	13,6	7,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	18,6	9,8
Valore attuale netto	VAN	- 3.265	2.979
Tasso interno di rendimento	TIR	0,5%	8,2%
Indice di profitto	IP	-0,20	0,18

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9-7 e Figura 9-8.

Figura 9-7 –EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

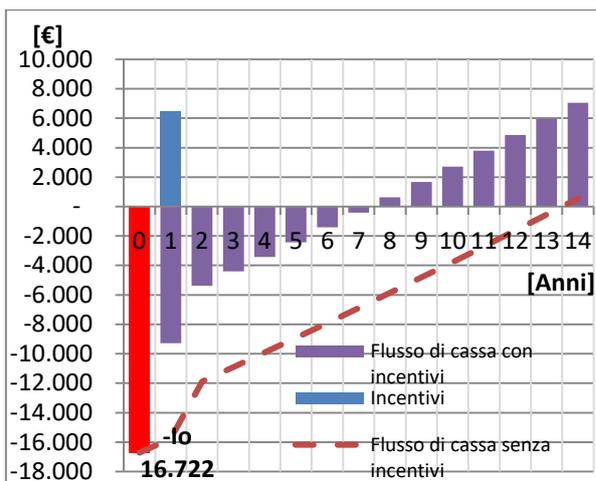
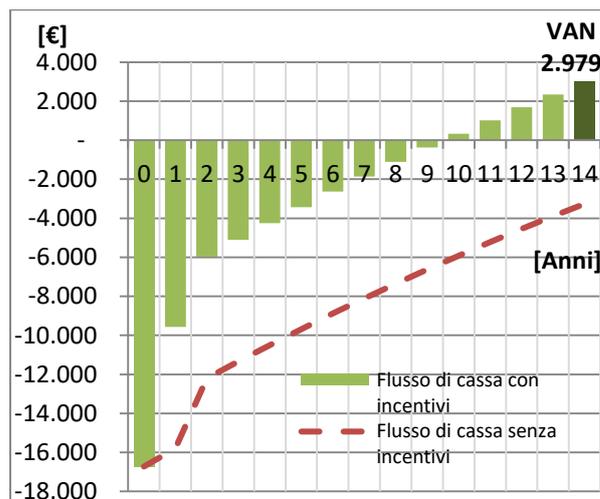


Figura 9-8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il pay-back dell'investimento è inferiore al periodo di vita utile dell'intervento.

EEM5: Installazione lampade a LED a basso consumo

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

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

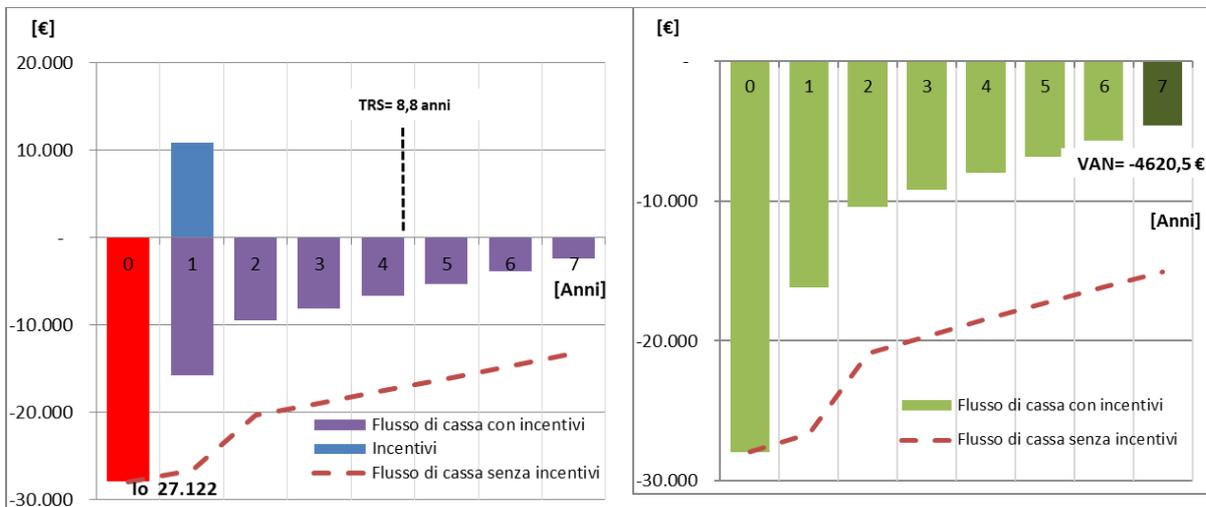
PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	27.122
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	10.586
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	15,2	8,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,3	9,7
Valore attuale netto	VAN	- 15.052	- 4.873
Tasso interno di rendimento	TIR	-16,0%	-4,1%
Indice di profitto	IP	-0,55	-0,18

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9-9 e Figura 9-10.

Figura 9-9 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9-10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il pay-back dell'investimento è maggiore del periodo di vita utile dell'intervento.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.11 e Tabella 9.12.

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

	SENZA INCENTIVI											
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	20,8%	16,6%	2.039	0	0	61.637	26,5	44,0	30	-20.160	0,7%	-0,33
EEM 2	6,1%	5,0%	618	0	0	40.356	50,0	74,5	30	-24.825	-3,7%	-0,62
EEM 3	29,3%	23,4%	2.878	176	0	6.953	2,4	2,6	15	22.653	39,6%	3,26
EEM 4	10,5%	8,1%	975	176	0	16.235	13,6	18,6	15	-3.265	0,5%	-0,20
EEM 5	6,3%	11,3%	1.623	0	0	27.122	15,2	17,3	8	-15.052	-16,0%	-0,55

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_{CO2} 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;
- I₀ è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che l'unico intervento con un tempo di ritorno inferiore alla propria vita utile è l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori.

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

	CON INCENTIVI											
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	20,8%	16,6%	2.039			61.637	15,5	24,8	30	3.547	4,8%	0,06
EEM 2	6,1%	5,0%	618			40.356	30,4	38,7	30	9.303	-0,2%	-0,23
EEM 3	29,3%	23,4%	2.878	176		6.953	2,4	2,6	15	22.653	39,6%	3,26
EEM 4	10,5%	8,1%	975	176		16.235	7,7	9,8	15	2.979	8,2%	0,18
EEM 5	6,3%	11,3%	1.622			27.122	8,8	9,6	8	-4.620	-3,7%	-0,17

Dall'analisi dei risultati emerge che con l'uso degli incentivi permette a tutti gli interventi di avere un tempo di ritorno inferiore alla propria vita utile, tranne per l'intervento di installazione di lampade a LED.

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- K_n è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell'anno n-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(Soluzione ottimale a 15 anni) SCN1:** Non è stato possibile individuare nessuno scenario che rispettasse il requisito del salto di due classi energetiche. È stato comunque realizzato uno scenario, che consente un miglioramento del paramento di efficienza energetica dell’edificio di una classe, combinando gli interventi EEM3 e EEM4.
- **Scenario 2(Soluzione ottimale a 25 anni) SCN2:** Tale scenario consiste nella realizzazione in combinazione di tutti i singoli interventi sopradescritti: EEM1, EEM2, EEM3, EEM4 e EEM5.

9.3.1 Scenario 1: SCN1 (Soluzione ottimale a 15 anni)

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

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

EEM4: Installazione caldaia a condensazione

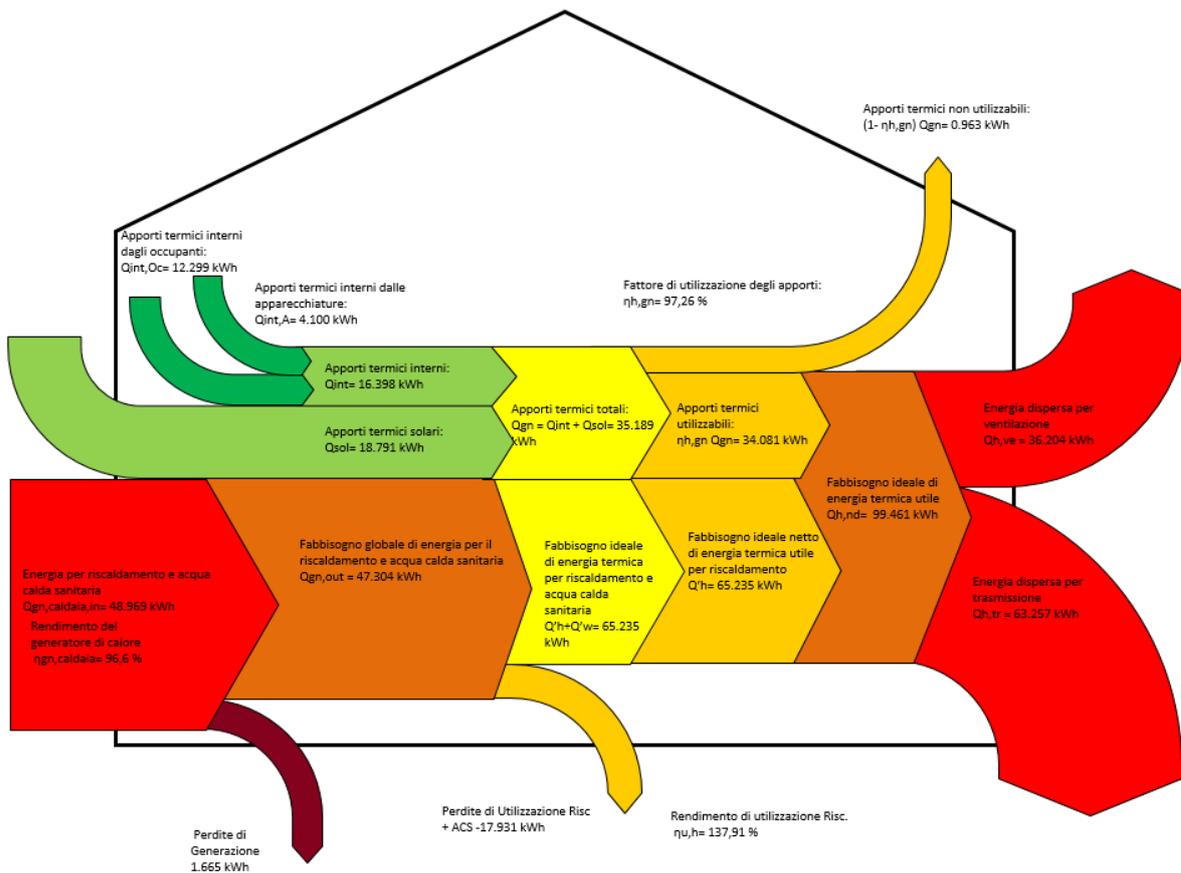
Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 Fornitura & Posa	5.181	1.140	6.321
EEM4 Fornitura & Posa	11.384	2.504	13.888
Costi per la sicurezza	497	109	606
Costi per la progettazione	1.158	255	1.413
TOTALE (I₀)	18.205	4.005	22.210
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 O&M	1.755	466	2.221
EEM4 O&M	1.755	466	2.221
TOTALE (C_M)	1.755	466	2.221
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	8.294	
Durata incentivi		1 anno	
Incentivo annuo		8.294	

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

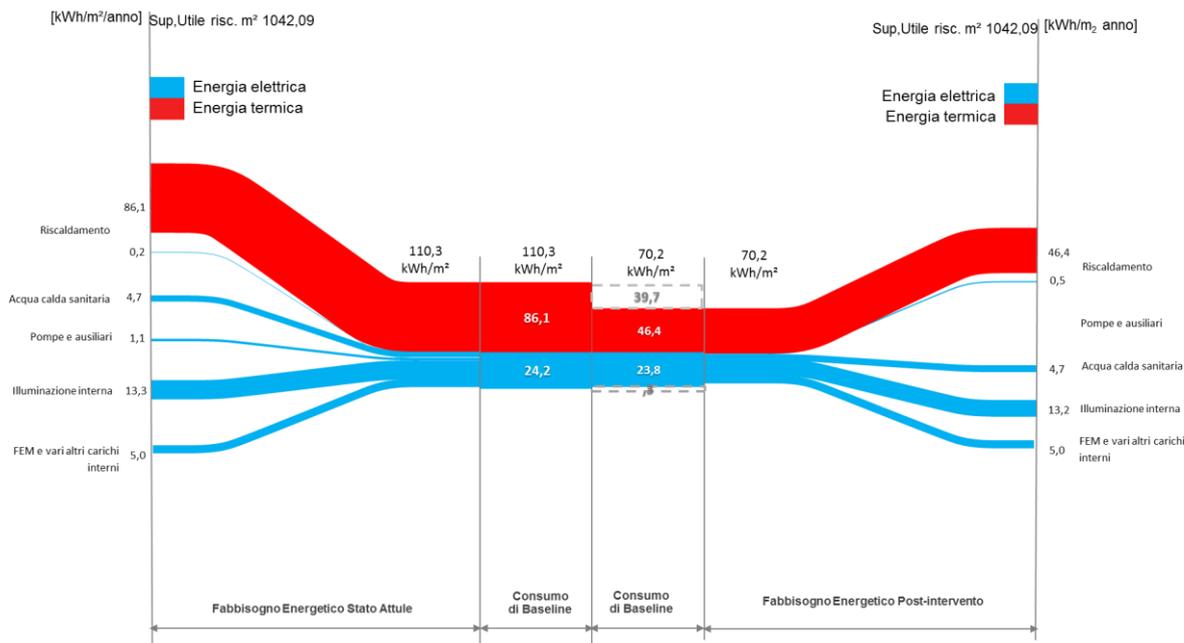
Figura 9-11 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che le quote parti di energia dispersa per trasmissione e ventilazione rappresentano, in egual misura, le componenti energetiche maggiormente disperdenti.

Figura 9-12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.19.

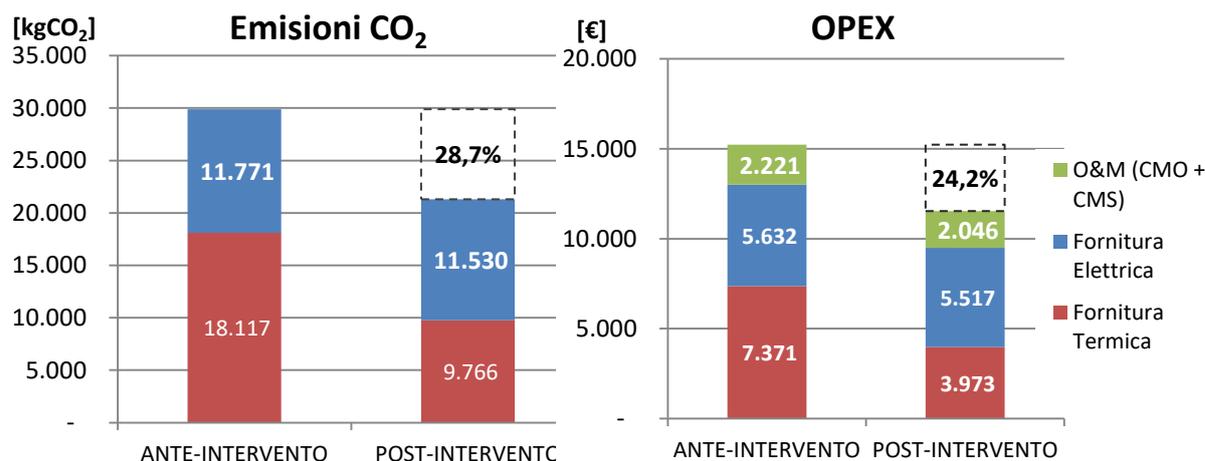
Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 - Valvole termostatiche	-	-	-	
EEM4 – Rendimento caldaia	[%]	91,70	96,60	-5,3%
Q _{teorico}	[kWh]	90.842	48.969	46,1%
EE _{teorico}	[kWh]	26.141	25.606	2,0%
Q _{baseline}	[kWh]	89.691	48.348	46,1%
EE _{baseline}	[kWh]	25.205	24.689	2,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.117	9.766	46,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	11.771	11.530	2,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	29.888	21.296	28,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.371	3.973	46,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.632	5.517	2,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	13.003	9.490	27,0%
C _{MO}	[€]	1.755	1.579	10,0%
C _{MS}	[€]	466	466	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.221	2.046	7,9%
OPEX	[€]	15.224	11.536	24,2%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9-13 – SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



È 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 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 22.210
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 666
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 22.876
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 18.301
Equity	I_E	€ 4.575
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 2.204
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 22.044
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 3.744

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 10.658
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 1.438
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 12.097
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	27,0%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 2.234
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 605
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 30.437
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 3.618
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	42,00%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 686
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 267



**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	675
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	1.344
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	8.519
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	9.863
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	1.629
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	11.492
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	4.005
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	9.420
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	5,41
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,61
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 7.615
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	12,40%
Indice di Profitto	IP	34,29%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,05
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,10
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 6.714
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	94,01%
Debit Service Cover Ratio	DCSR > 1,3	1,332
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,113
Indice di Profitto Azionista	IP	30,23%

Figura 9-14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



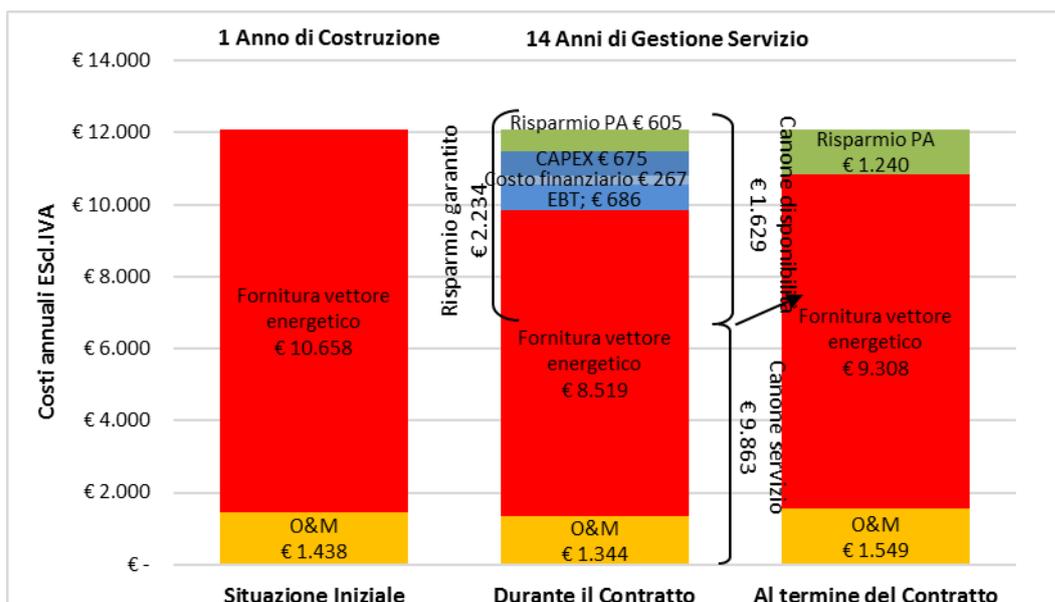
Figura 9-15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta finanziariamente sostenibile in quanto l'indice DSCR presenta un valore positivo e vicino a 1,3 e l'indice LLCR presenta un valore maggiore di 1.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.22.

Figura 9-16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: SCN2 (Soluzione ottimale a 25 anni)

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

EEM1: Isolamento con cappotto interno

EEM2: Isolamento esterno della copertura

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

EEM4: Installazione caldaia a condensazione

EEM5: Installazione lampade a LED a basso consumo

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

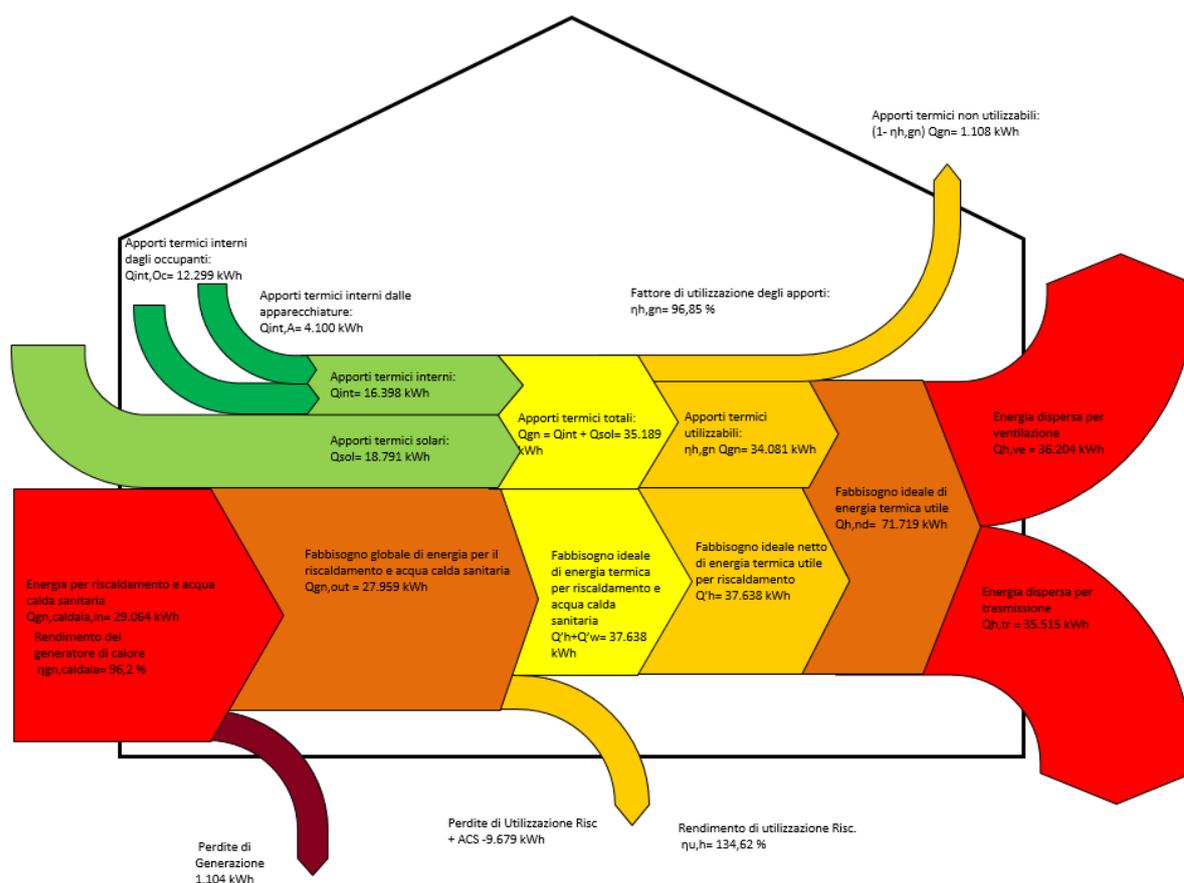
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	45.929	10.104	56.034
EEM2 Fornitura & Posa	30.072	6.616	36.687
EEM3 Fornitura & Posa	5.181	1.140	6.321
EEM4 Fornitura & Posa	11.264	2.478	13.742
EEM5 Fornitura & Posa	20.210	4.446	24.656
Costi per la sicurezza	3.380	744	4.124
Costi per la progettazione	7.886	1.735	9.337
TOTALE (Ia)	123.922	27.263	151.184
VOCE MANUTENZIONE	C_{MO}	C_{MS}	C_M

E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"

	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	1.755	466	2.221
EEM4 O&M	1.755	466	2.221
EEM5 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	1.755	466	2.221
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	74.976	
Durata incentivi		1 anno	
Incentivo annuo		74.976	

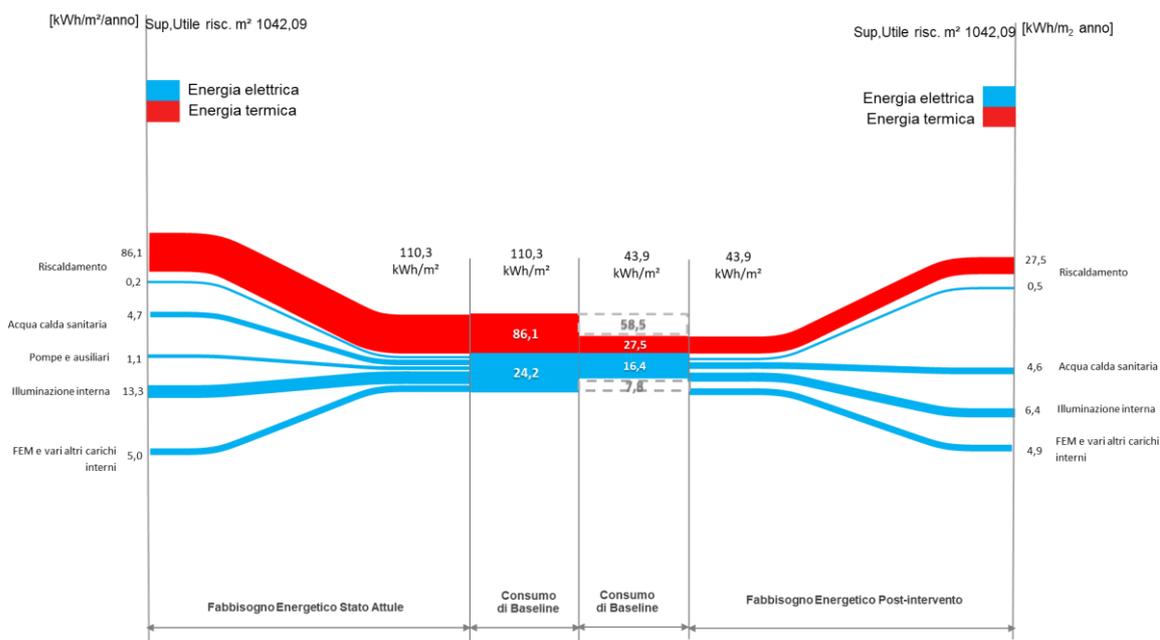
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9-17 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che le quote parti di energia dispersa per trasmissione e ventilazione rappresentano, in egual misura, le componenti energetiche maggiormente disperdenti.

Figura 9-18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.19.

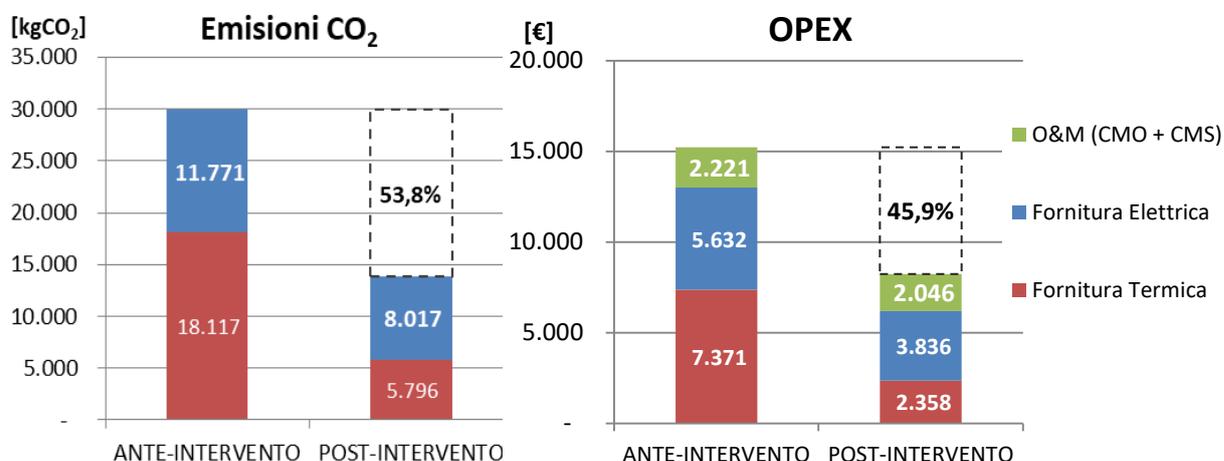
Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza pareti esterne	[W/m²K]	0,912	0,260	71,5%
EEM2 - Trasmittanza copertura piana	[W/m²K]	1,513	0,220	85,5%
EEM3	-	-	-	-
EEM4 – Rendimento caldaia	[%]	91,7	98,2	+7,1%
EEM2 – Potenza totale illuminazione	[kW]	11,08	5,22	52,9%
Q _{teorico}	[kWh]	90.842	29.064	68,0%
EE _{teorico}	[kWh]	26.141	17.979	31,2%
Q _{baseline}	[kWh]	89.691	28.695	68,0%
EE _{baseline}	[kWh]	25.205	17.168	31,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.117	5.796	68,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	11.771	8.017	31,9%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	29.888	13.814	53,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.371	2.358	68,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.632	3.836	31,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	13.003	6.194	52,4%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	1.755	1.579	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	466	466	0,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.221	2.046	7,9%
OPEX	[€]	15.224	8.240	45,9%
Classe energetica	[-]	D	B	+2 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,223 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.19 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_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	14,3
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 151.184
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 4.536
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 155.720
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 124.576

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Equity	I_E	€	31.144
Fattore di annualità Debito	FA_D		11,01
Rata annua debito	q_D	€	11.318
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	161.850
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	37.274

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	10.658
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	1.438
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	12.096
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		52,4%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		3,5%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	4.801
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	423
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	70.204
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	7.720
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		9,36%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	607
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.553
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.217
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	1.378
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	5.916
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	7.295
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	4.378
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	11.673
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	27.263
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	75.239
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		11,90
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		19,28
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	8.989
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		5,19%
Indice di Profitto	IP		5,95%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		21
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,20
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	13.669
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$		78,03%

**E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"**

Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,005
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,059
Indice di Profitto Azionista	IP	9,04%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



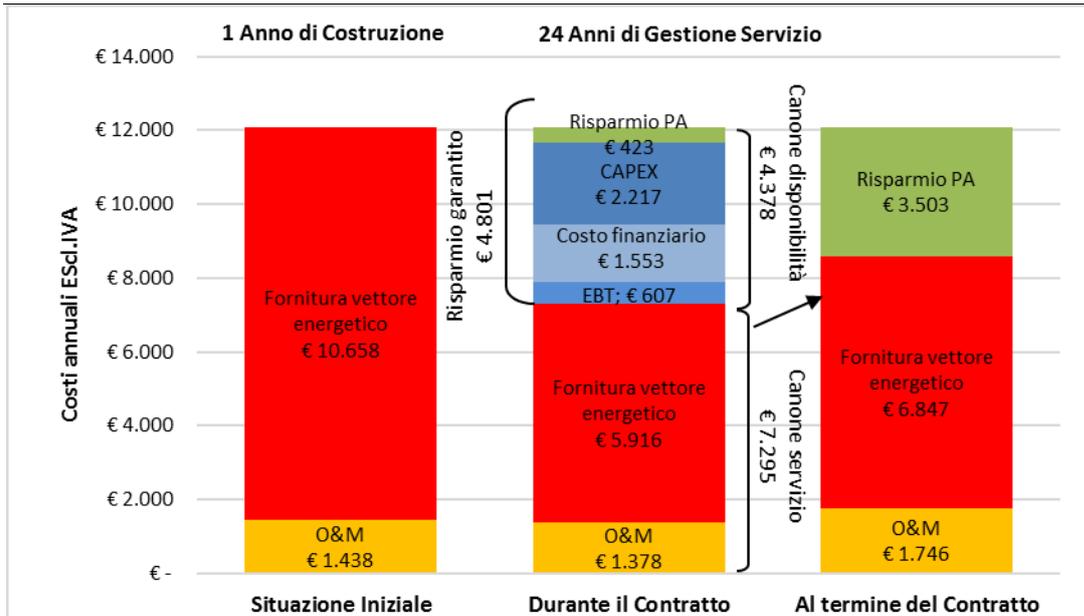
Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta finanziariamente sostenibile in quanto l'indice DSCR presenta un valore maggiore di 1 e vicino a 1,3 e l'indice LLCR presenta un valore maggiore di 1.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.22.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

	EPgl,nren	EPH	EPw	EPL	CLASSE
	[kWh/m ² anno]				
STATO DI FATTO	139,58	94,60	11,72	33,26	D
EEM1	115,59	70,17	11,72	33,26	C
EEM 2	133,03	87,53	11,72	33,26	C
EEM 3	105,37	59,37	11,72	33,26	C
EEM 4	128,23	83,11	11,72	33,26	C
EEM 5	126,35	94,82	11,72	16,15	D
SCN 1	97,26	51,83	11,72	33,26	C
SCN 2	62,60	30,53	11,72	16,15	B

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	CON INCENTIVI						IP	DSCR	LLCR
							TRS	TRA	n	VAN	TIR				
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]			
EEM 1	20,8%	16,6%	2.039			61.637	15,5	24,8	30	3.547	4,8%	0,06	[n/a]	[n/a]	
EEM 2	6,1%	5,0%	618			40.356	30,4	38,7	30	9.303	-0,2%	-0,23	[n/a]	[n/a]	
EEM 3	29,3%	23,4%	2.878	176		6.953	2,4	2,6	15	22.653	39,6%	3,26	[n/a]	[n/a]	
EEM 4	10,5%	8,1%	975	176		16.235	7,7	9,8	15	2.979	8,2%	0,18	[n/a]	[n/a]	
EEM 5	6,3%	11,3%	1.622			27.122	8,8	9,6	8	-4.620	-3,7%	-0,17	[n/a]	[n/a]	
SCN 1 ^(*)	34,4%	28,7%	3.513	176		22.210	5,4	6,6	15	7.615	12,4%	34,3%	1,33	1,11	
SCN 2 ^(*)	60,1%	53,8%	6.809	176		151.184	11,9	19,3	25	8.989	5,19%	5,95%	1,01	1,06	

Nota^(*): valori degli indicatori di redditività TRS, TRA VAN TIR e IP del progetto pre-imposte e degli indicatori di redditività DSCR e LLCR della ESCO pre imposte

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Si sono valutate diverse possibilità di intervento in base alla loro fattibilità tecnica ed economica, in rispetto delle norme attualmente vigenti e di eventuali vincoli presenti sull'edificio oggetto di studio. Sono state così individuate due soluzioni ottimali.

Il primo scenario consente di ottenere una soluzione ottimale a 15 anni con un miglioramento delle prestazioni energetiche di una classe energetica.

Essa consiste nella combinazione di due interventi quali installazione di valvole termostatiche e sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione.

Dal punto di vista tecnico-economica la spesa è risultata essere di € 22.210 con un TRS pari a 5,4 anni e VAN pari a 7.615€ al fine di una gestione diretta da parte della PA o un TRS di 2,1 anni e un VAN di € 6.714 al fine di una gestione indiretta da parte di una ESCO.

Il secondo scenario consente di ottenere una soluzione ottimale a 25 anni e un miglioramento delle prestazioni di 2 classi energetiche.

Lo scenario consiste nella combinazione di diversi interventi: isolamento interno a cappotto, isolamento esterno della copertura piana, installazione di valvole termostatiche, sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione e sostituzione delle lampade esistenti con lampade a LED.



*E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"*

A livello economico, con l'utilizzo degli incentivi del Conto Termico, si è valutata una spesa pari a 151.184 € con un TRS pari a 11,9 anni ed un VAN pari a 8.989€ al fine di una gestione diretta da parte della PA o un TRS di 21 anni e un VAN di € 13.669 al fine di una gestione indiretta da parte di una ESCO.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
CENSIMENTO PIANO S01	07/01/2016	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-L1-042-147-S01-Checklist.xlsx
CENSIMENTO PIANO TERRA	07/01/2016	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-L1-042-147-P00-Checklist.xlsx
CENSIMENTO PIANO PRIMO	07/01/2016	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-L1-042-147-P01-Checklist.xlsx
CENSIMENTO PIANO SECONDO	07/01/2016	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-L1-042-147-P02-Checklist.xlsx
TAVOLA CENSIMENTO CENTRALE TERMICA	03/05/2017	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-147-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg
TAVOLA CENSIMENTO PIANO 1SS	03/05/2017	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-L1-042-147-S01.dwg
TAVOLA CENSIMENTO PIANO TERRA	03/05/2017	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-L1-042-147-P00.dwg
TAVOLA CENSIMENTO PIANO PRIMO	03/05/2017	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-L1-042-147-P01.dwg
TAVOLA CENSIMENTO PIANO SECONDO	03/05/2017	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-L1-042-147-P02.dwg
TABULATO CONSUMI EE	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-Tabulato consumi EE.xlsx
TAVOLA INQUADRAMENTO	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-E00201.dwg
TAVOLA PIANO PRIMO	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-PIAN1.dwg
TAVOLA PIANO 1SS	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-PIAN1SS.dwg
TAVOLA PIANO SECONDO	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-PIAN2.dwg
TAVOLA PIANO 2A	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-PIAN2A.dwg
TAVOLA CENTRALE TERMICA	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-PIANC.dwg
TAVOLA PIANO TERRA	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoA-PIANT.dwg
Consumi elettrici	2014	5700065495.pdf
Consumi elettrici	2014	5700098218.pdf
Consumi elettrici	2014	5700134957.pdf
Consumi elettrici	2014	5700176145.pdf
Consumi elettrici	2014	5700214975.pdf
Consumi elettrici	2014	5700248944.pdf
Consumi elettrici	2014	5700291206.pdf
Consumi elettrici	2014	5700345541.pdf
Consumi elettrici	2014	5700373449.pdf
Consumi elettrici	2014	5700411327.pdf
Consumi elettrici	2015	5700493139.pdf
Consumi elettrici	2015	5700544142.pdf
Consumi elettrici	2015	5750081967.pdf
Consumi elettrici	2015	E000163929.pdf
Consumi elettrici	2015	E000018557.pdf
Consumi elettrici	2015	E000310245.pdf
Consumi elettrici	2016	E000334604.pdf
Consumi elettrici	2016	11640087946.pdf
Consumi elettrici	2016	11640126640.pdf
Consumi elettrici	2016	11740042571.pdf

*E201 – SCUOLA ELEMENTARE "SANTINO RICHERI"
e SCUOLA COMUNALE INFANZIA "BOCCADASSE"*



Consumi elettrici

2016

11740001581.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Grafici Template	Grafici Report	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx
Modello	Modello edificio E201	02/05/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoB-E201.E0001
Grafici Template	Grafici Report	26/07/2018	DE_Lotto.8-E201_revB-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Indagine Termografica	22/11/2017	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoC-Report termografico.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo EDILCLIMA	12/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoE-Relazione calcolo EdilClima.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di garanzia di conformità n.73	15/03/2017	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoF-CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato attuale		DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoG-APE_2018_8042.pdf
APE stato attuale		DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoG-APE_2018_8042.xml

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE Scenario 2_Bozza_E201	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoH-00000_2018_8042.pdf
APE Scenario 2_Bozza_E201	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoH-00000_2018_8042.xml
APE Scenario 1_Bozza_E201	26/07/2018	DE_Lotto.8-E201_revB-AllegatoH-APE - SCN1.pdf
APE Scenario 1_Bozza_E201	26/07/2018	DE_Lotto.8-E201_revB-AllegatoH-APE - SCN1.xml

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	12/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoI-GG.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede audit E201	12/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoJ-Scheda Audit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede interventi ORE	12/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoK-Schede ORE.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi PEF Scenario 2	12/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN2.xlsx
Analisi PEF Scenario 1	26/07/2018	DE_Lotto.8-E201_revB-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN1.xlsx
Analisi PEF Scenario 2	26/07/2018	DE_Lotto.8-E201_revB-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN2.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	13/06/2018	DE_Lotto.8-E201_revA-AllegatoM-Benchmark.xlsx
Report di benchmark	26/07/2018	DE_Lotto.8-E201_revB-AllegatoM-Benchmark.xlsx

ALLEGATO N – CD-ROM

