

SCUOLA MATERNA STATALE "DON ACCIAI" E1683

VIA NAPOLI, 46 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

N:ER
INGEGNERIA

SCUOLA MATERNA STATALE “DON ACCIAI” E1683

VIA NAPOLI, 46 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	30/05/2018	Ing. G. De Pin	Ing. S. Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Prima emissione del documento di diagnosi energetica
B	03/08/2018	Ing. G. De Pin	Ing. S. Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Seconda emissione del documento di diagnosi energetica

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

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

INDICE

PAGINA

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	7
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	8
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	8
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	11
3 DATI CLIMATICI	13
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	13
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	14
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	15
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	16
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO	16
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	16
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	18
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	21
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	22
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i>	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	30
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	34
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	38
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	44
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	44
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	44
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	47
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	50



7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	51
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	52
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	53
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	53
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	53
	EEM1: COIBENTAZIONE DELLE PARETI VERTICALI DALL’INTERNO	53
	EEM2: COIBENTAZIONE DALL’INTERNO DEI PAVIMENTI VERSO NON CLIMATIZZATO	54
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	56
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	56
	EEM3: INSTALLAZIONE SCALDACQUA A CONDENSAZIONE.....	56
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i>	58
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	59
	EEM4: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI	59
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	61
	EEM5: INSTALLAZIONE POMPA DI CALORE	61
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	63
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
	EEM1: COIBENTAZIONE DELLE PARETI VERTICALI DALL’INTERNO	63
	EEM2: COIBENTAZIONE DALL’INTERNO DEI PAVIMENTI VERSO NON CLIMATIZZATO	64
	EEM3: INSTALLAZIONE SCALDACQUA A CONDENSAZIONE.....	64
	EEM4: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI	65
	EEM5: INSTALLAZIONE POMPA DI CALORE	66
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	67
	EEM1: COIBENTAZIONE DELLE PARETI VERTICALI DALL’INTERNO	68
	EEM2: COIBENTAZIONE DALL’INTERNO DEI PAVIMENTI VERSO NON CLIMATIZZATO	69
	EEM3: INSTALLAZIONE SCALDACQUA A CONDENSAZIONE.....	70
	EEM4: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI	71
	EEM5: INSTALLAZIONE POMPA DI CALORE	72
	SINTESI	73
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	74
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1+EEM4</i>	76
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5</i>	82
10	CONCLUSIONI	89
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	89
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	90
10.3	RACCOMANDAZIONI	91
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	94
	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		1974
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7: Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.004
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.983
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.837
Rapporto S/V	[1/m]	0,52
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.156
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.365
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.521
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaie a basamento tradizionali
Potenza totale impianto riscaldamento ⁽²⁾	[kW]	302
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Produzione combinata con riscaldamento
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	48,6
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	210.725
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	16.354
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	13.023
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.304

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): Potenza utile

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

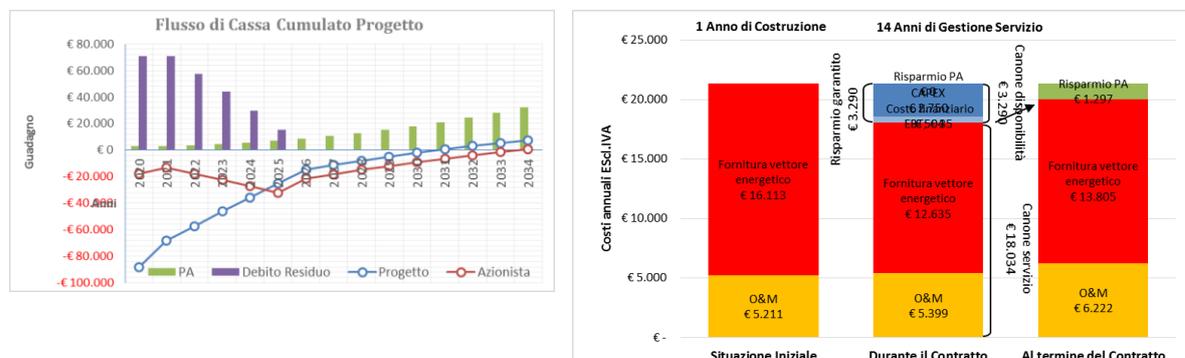
- EEM 1: Coibentazione delle pareti verticali dall'interno
- EEM 2: Coibentazione dall'interno dei pavimenti verso non climatizzato
- EEM 3: Installazione scaldacqua a condensazione
- EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti interni
- EEM 5: Installazione pompa di calore
- SCN 1: EEM1 + EEM4
- SCN 2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5

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

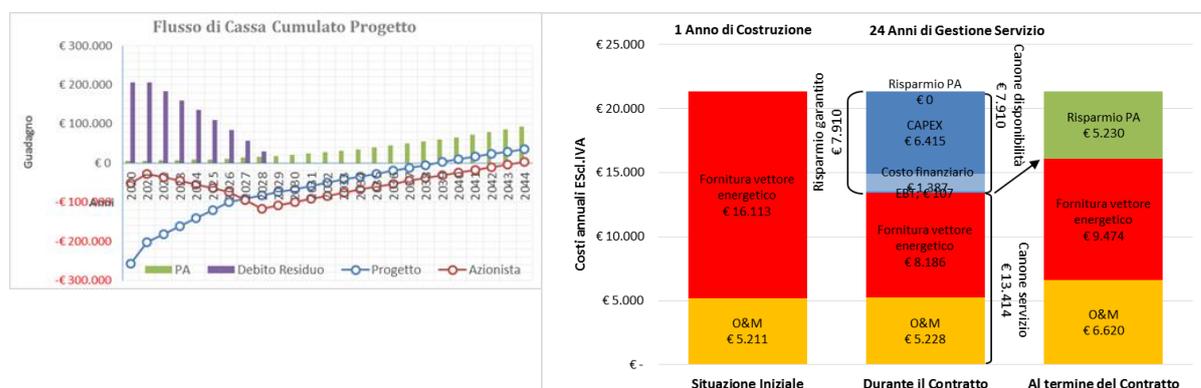
	CON INCENTIVI													
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM1	27,0%	25,1%	4.692	0	0	73.684	8,6	11,8	30	38.680	9,5%	0,52	nd	nd
EEM2	15,4%	14,3%	2.669	0	0	59.039	11,6	17,8	30	13.314	6,6%	0,23	nd	nd
EEM3	0,5%	0,4%	64	286	6	4.069	11,5	16,1	15	-292	2,8%	-0,07	nd	nd

E1683 – SCUOLA MATERNA STATALE “DON ACCIAI”

EEM4	1,0%	2,1%	559	0	13	11.949	10,9	15,9	15	-690	2,7%	-0,06	nd	nd
EEM5	72,2%	47,5%	6.197	57	3	100.579	15,2	23,5	25	2.222	4,2%	0,02	nd	nd
SCN1	29,6%	28,9%	5.581	0	13	85.633	11,75	21,65	15	-8.090	1,8%	-0,09	0,78	1,36
SCN2	81,2%	66,2%	11.085	343	22	249.320	19,67	40,92	25	-39.941	1,6%	-0,16	0,74	1,21

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria


Nota (1). Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: 0 €; CAPEX: 2750 €; Costo finanziario: 504 €; EBT: 35 €;

Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria


Nota (1). Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Costo finanziario: 1387 €; EBT: 107 €

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in buone condizioni. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura l'unica particolare criticità emersa riguarda il funzionamento e la manutenzione della valvole termostatiche già installate sui radiatori presenti, in quanto alcune non funzionanti, ad esempio a causa di batterie scariche, ed alcune guaste, perché sporgenti e facilmente danneggiabili dagli utenti. Non sono emerse ulteriori criticità relative all'impianto termico o all'involucro edilizio.

La struttura risale agli anni Settanta del secolo scorso e la ristrutturazione edilizia più evidente riguarda la sostituzione dei serramenti del Piano Terra.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni. Si consideri tuttavia che la definizione della baseline dei consumi, per quanto riguarda il gas naturale, deriva da una stima calcolata sulla base delle spese condominiali attribuite alla scuola e non da una vera e propria analisi dei consumi derivante dalla fatturazione. Tale scarsità di informazioni, in linea di

principio, può ridurre l'accuratezza dei risultati ottenuti, nonostante siano state adottate le migliori azioni possibili per aumentare al massimo l'affidabilità.

E' stato possibile individuare un numero ridotto di misure di efficienza energetica, sia legate all'involucro che alla parte impiantistica. A proposito delle soluzioni proposte per quest'ultima parte, gli interventi costruiti sono volti al distacco dei sistemi della scuola dai sistemi centralizzati del condominio. Sarebbe stato infatti difficile individuare misure sugli impianti senza prevedere di renderli autonomi rispetto al resto della struttura; uno dei fattori determinanti è legato al buon grado di regolazione dell'impianto di emissione, grazie alla presenza delle valvole termostatiche e dei contocalorie installati sui terminali. Rendere l'impianto indipendente, sia per la climatizzazione tramite pompa di calore sia per l'acqua calda sanitaria tramite scaldacqua a condensazione, permette di ridurre la spesa energetica, eliminando dai costi di gestione alcune voci dipendenti esclusivamente dalle spese condominiali, oltre che ridurre i costi relativi alla fornitura vera e propria.

Nonostante gli scenari individuati forniscano degli ottimi risultati in termini energetico-ambientali e soddisfino il requisito sul tempo di ritorno semplice, la loro sostenibilità dal punto di vista finanziario risulta scarsa. In entrambi i casi i progetti non sono vantaggiosi considerando l'analisi effettuata. Per lo SCN 2 la causa principale riguarda l'impossibilità di accedere agli incentivi del Conto Termico per l'installazione dei generatori per la climatizzazione e la produzione di ACS, in quanto non si tratta di sostituzione di impianto.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord



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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

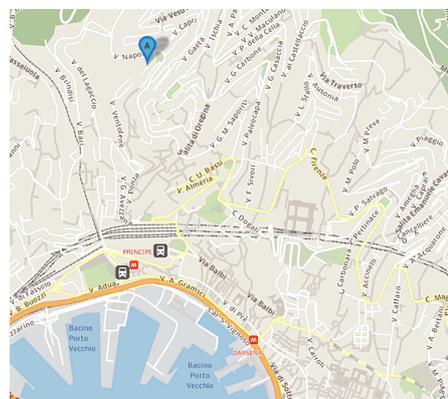
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Ing. Giuliano De Pin		Sopralluogo in sito
Ing. Giuliano De Pin		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Giuliano De Pin		Elaborazione dei dati geometrici e creazione del modello energetico
Ing. Giuliano De Pin		Redazione report di diagnosi
Ing. Sarah Nicolini	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Antonio Aprea	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Coccia	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU Sez. GEC F. 5 Mapp. 26, 641, 642, 643, 644 Sub. 1 è sito nel Comune di Genova e più precisamente e più precisamente fra il quartiere Oregina e il quartiere Lagaccio, in via Napoli, 46.

La porzione dell'edificio, oggetto dell'analisi che segue, di proprietà del Comune di Genova è adibita a Scuola dell'Infanzia.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio (Fonte: Tutto Città)



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		1974
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7: Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.004
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.983
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.837
Rapporto S/V	[1/m]	0,52

Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.042
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.156
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.365
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.521
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaie a basamento tradizionali
Potenza totale impianto riscaldamento ⁽²⁾	[kW]	302
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Produzione combinata con riscaldamento
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	48,6
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	210.725
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	16.354
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	13.023
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.304

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): Potenza utile

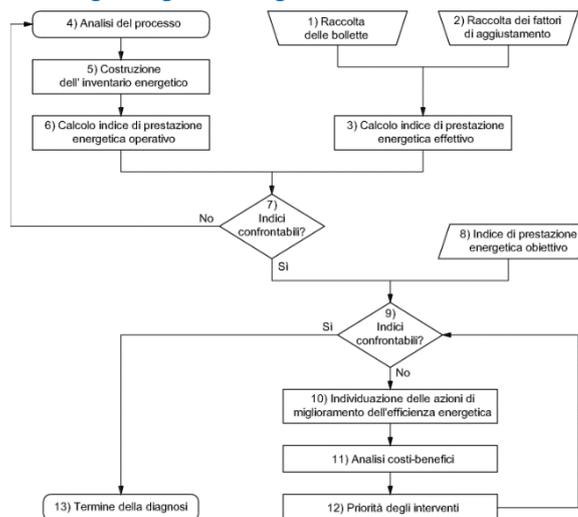
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 05/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Rilevamento dei dati utili d'impianto;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo del Centro Funzionale e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e 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.

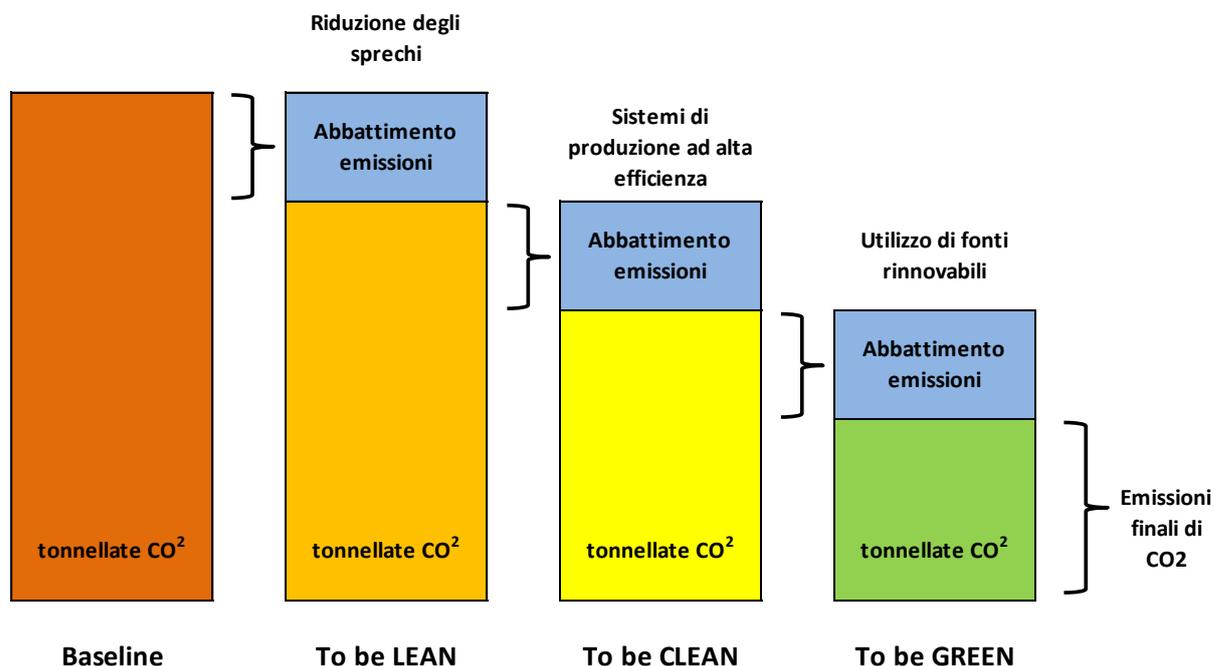
Figura 1.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



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 - Principio della Gerarchia Energetica

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

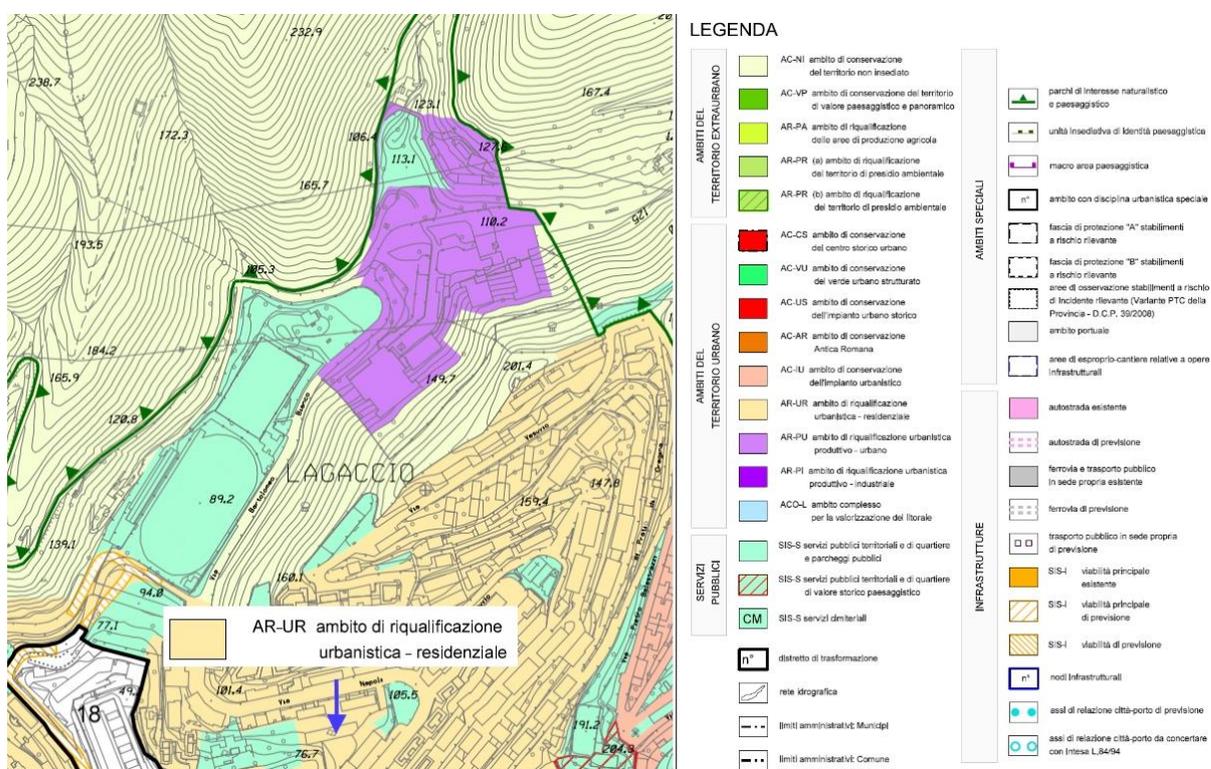
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE come *AR-UR Ambito di riqualificazione urbanistica-residenziale*, nel quale gli interventi di completamento del tessuto edificato, costituiscono occasione per il miglioramento dell'assetto urbanistico e della qualità architettonica e paesaggistica; in questi Ambiti possono essere effettuati interventi anche d'importante modificazione dell'edificato, a condizione che sia contestualmente rinnovato e migliorato l'impianto urbanistico, le dotazioni di pubblici servizi, segnatamente per il verde e gli spazi pedonali attrezzati ed in generale la qualità architettonica, di inserimento paesaggistico e di efficienza energetica delle nuove costruzioni ivi ammesse.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio risale agli anni Settanta del XX secolo. La Scuola dell'Infanzia occupa soltanto una porzione della struttura, in particolare locali situati al Piano Terra e al Piano 1 Seminterrato. Attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7. - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. La rimanente parte della struttura è adibita ad uso residenziale.

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.

La Scuola dell'Infanzia ospita 86 studenti ed è inoltre frequentato da 14 persone fra insegnanti, educatori e personale amministrativo, tecnico e ausiliario.

L'edificio ospitante l'istituto scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 9 piani fuori terra, un piano seminterrato e un piano interrato. Tuttavia la Scuola dell'Infanzia occupa soltanto locali situati ai Piani Terra e Seminterrato.

Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d'uso delle sole aree di competenza della Scuola e le relative superfici.

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Aule scolastiche, cucina	[m ²]	467	410	-
Terra	Aule scolastiche, refettorio	[m ²]	689	594	-
TOTALE		[m ²]	1156	1004	-

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

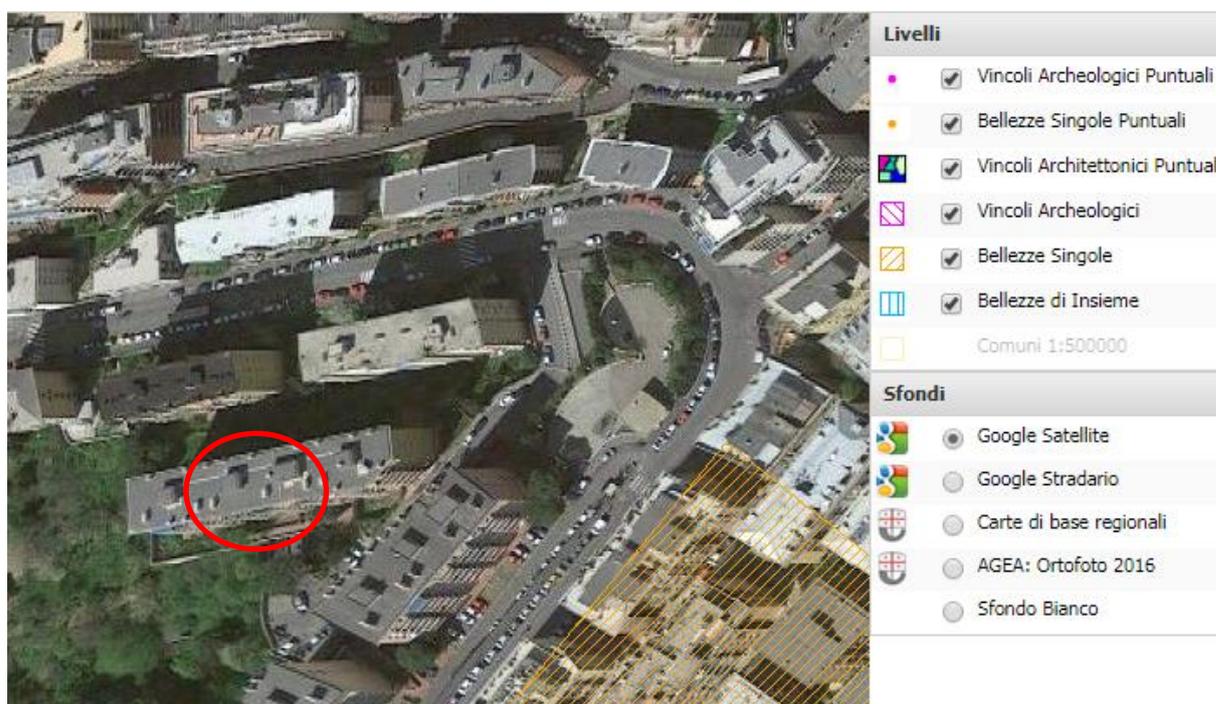
Nota (3): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

L'"unità urbanistica" del Lagaccio, la più occidentale tra quelle del Municipio I Centro Est, si estende nella stretta valle dell'omonimo rivo, compresa fra i colli di Oregina e Granarolo, che ha alla sua sommità il forte Sperone.

L'abitato sorge nella zona più a valle, immediatamente a monte della stazione ferroviaria di Genova Principe e del Palazzo del Principe. La parte più a monte dell'ex lago, dietro ai moderni impianti sportivi, rimane invece inabitata e verde, costellata da alcuni ruderi di vecchie polveriere, un tempo legate agli insediamenti militari della città.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sugli strumenti urbanistici comunali e sul portale dei Vincoli Architettonici, Archeologici e Paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l'edificio non è soggetto né a vincoli architettonici né paesaggistici.

L'edificio è inserito in parte in un'area con Vincolo geomorfologico di tipo B2 – Discariche dismesse e riporti antropici.

Poiché non sono previsti interventi che interessino il sottosuolo, nell'analisi delle EEM non si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con il vincolo presente.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Coibentazione delle pareti verticali dall'interno	-		-
EEM 2: Coibentazione dall'interno dei pavimenti verso non climatizzato	-		-
EEM 3: Installazione scaldacqua a condensazione	-		-
EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti interni	-		-
EEM 5: Installazione pompa di calore	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

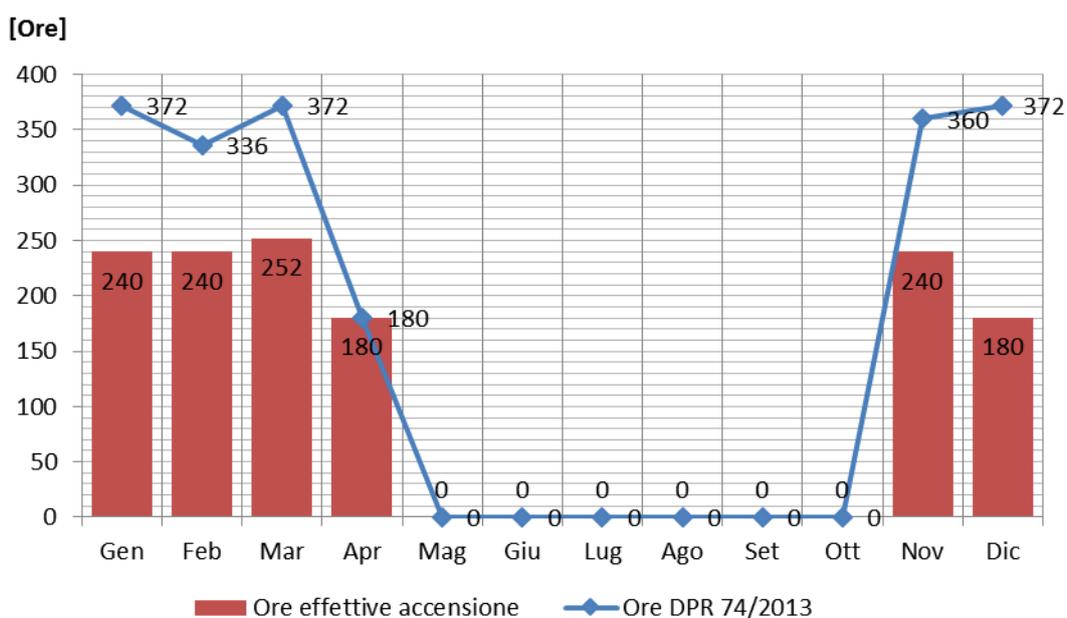
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, così come i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti. Non è stato possibile accedere alla centrale termica a servizio dell’edificio per reperire informazioni aggiuntive sulle apparecchiature presenti, in quanto non è stata resa la disponibilità da parte dell’amministrazione condominiale. Dall’intervista al personale scolastico è emerso che l’impianto di riscaldamento e dell’ACS a servizio della scuola è caratterizzato da un circuito dedicato funzionante secondo l’orario di apertura della stessa.

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 SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Settembre - Ottobre	Dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.15	Spento
	Sabato e domenica	Chiuso	Spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.15	6.00 – 18.00
	Sabato e domenica	Chiuso	Spento
Dal 16 Aprile al 30 Giugno	Dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.15	Spento
	Sabato e domenica	Chiuso	Spento
Luglio - Agosto	Dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.15	Spento
	Sabato e domenica	Chiuso	Spento

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



Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio condominiale sono definite da un contratto di servizio integrato che

prevede l'affidamento ad un unico Gestore di tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	111	926	100%

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

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

Codice Edificio	Nome	Q baseline riscaldamento mese aprile 15 giorni	Q baseline riscaldamento mese aprile 11 giorni	Variazione assoluta [kWh]	Delta [%]
E1683	SCUOLA MATERNA STATALE "DON ACCIAI"	141.870	141.479	391	0,28%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

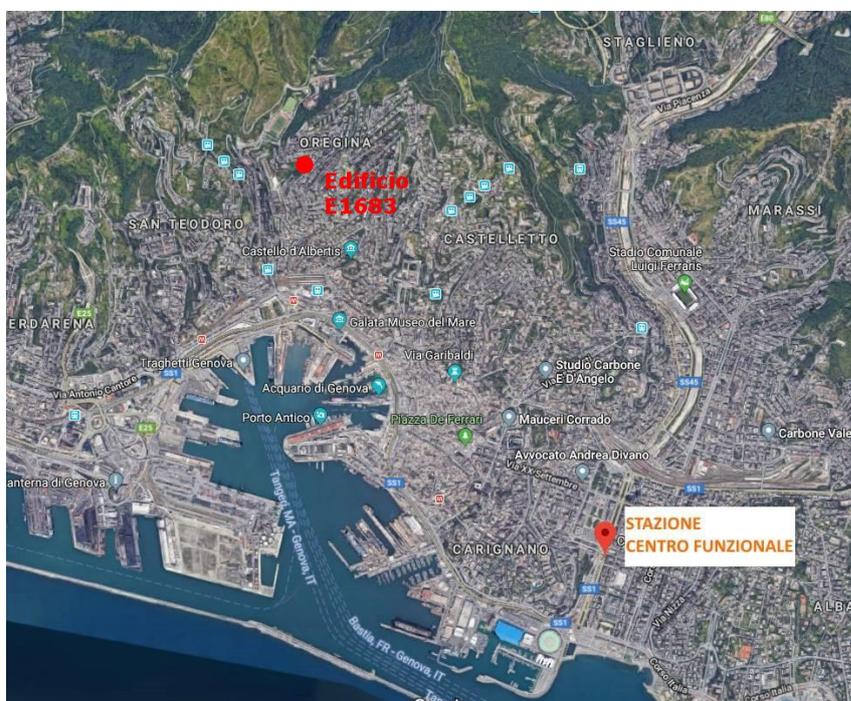
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperature esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

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

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

Nell’edificio oggetto di diagnosi, posto ad un’altitudine di circa 80 m s.l.m., sono stati utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili rispetto alla centralina di Castellaccio posta a circa 360 m sul livello del mare.

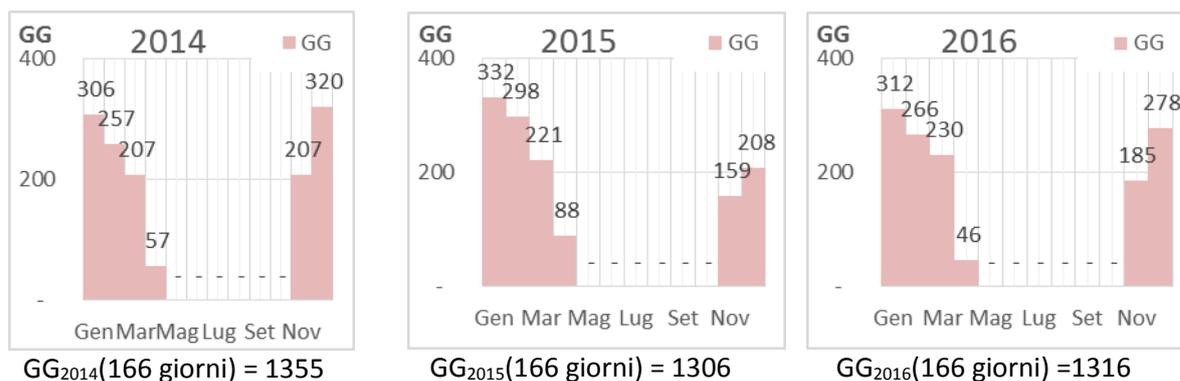
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento (2014 - 2015 - 2016), valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

Figura 3.2 - Andamento mensile dei GG reali per il triennio di riferimento

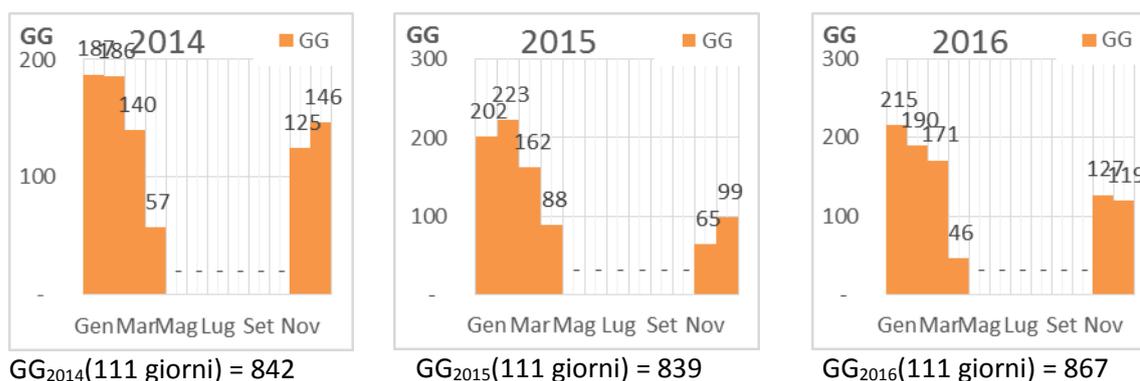


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 849 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è composto da un unico blocco strutturale, le cui pareti verticali sono caratterizzate da telaio in calcestruzzo armato e tamponamenti in mattoni forati. Le pareti sono intonacate soltanto dal Piano 1 fino in copertura, mentre Piani Terra e Seminterrato ospitanti la Scuola presentano finitura esterna con malta di cemento.

La struttura risulta regolare. Non sono presenti pareti verticali opache appoggiate al terreno; il Piano Seminterrato presenta pareti affacciate su intercapedini, aperte in sommità tramite grigliato. L'involucro presenta inoltre spessori murari differenti a seconda della posizione e dell'esposizione delle pareti verticali.

Per quanto riguarda i componenti orizzontali dell'involucro opaco, essendo i locali oggetto di DE posizionati su piani intermedi, sono di interesse per la redazione del documento soltanto i solai fra piani costituiti da solai in laterocemento.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro della facciata Nord. In evidenza la differenza di finitura fra Piano Terra e Piani superiori



Figura 4.2 - Particolare della facciata Nord con in evidenza le griglie della relativa intercapedine fra edificio e terreno al piano sottostante



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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Risulta in evidenza la struttura a telaio in calcestruzzo armato (vedi Figura sottostante)
- Risulta in evidenza la traccia, in corrispondenza della trave perimetrale, della distribuzione degli impianti tecnici con ponte termico significativo.
- Si nota il vano scala non riscaldato (nell'immagine termografica, la zona a sinistra)

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete Nord



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Muro verso esterno 40 cm	M1	40	Assente	2,359	Buono
Muro verso esterno 35 cm	M2	35	Assente	2,496	Buono
Muro verso esterno 30 cm	M3	30	Assente	2,650	Buono
Muro verso esterno 28 cm	M4	28	Assente	1,188	Buono
Muro verso non climatizzato	M5	15	Assente	1,860	Buono
Muro verso climatizzato	M6	15	Assente	1,860	Buono
Muro divisorio zona	M7	15	Assente	1,860	Buono
Vetrata atrio	M8	2,7	Assente	2,262	Buono
Muro verso intercapedine 40 cm	M11	40	Assente	2,126	Buono
Muro verso intercapedine 35 cm	M12	35	Assente	2,237	Buono
Muro verso intercapedine 30 cm	M13	30	Assente	2,360	Buono
Muro verso intercapedine 28 cm	M14	28	Assente	1,126	Buono
Pavimento verso non climatizzato	P1	29,5	Assente	1,630	Buono
Pavimento verso climatizzato	P2	29,5	Assente	1,630	Buono
Soffitto verso non climatizzato	S1	29,5	Assente	1,630	Buono
Soffitto verso climatizzato	S2	29,5	Assente	1,630	Buono

L’elenco completo dei componenti dell’involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell’Allegato J – Schede di audit e nell’**Errore**. L’origine riferimento non è stata trovata..

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio con taglio termico e vetrocamera 6/15/6 mm per quanto riguarda il Piano Terra, mentre per quanto concerne il Piano Seminterrato si trovano serramenti con telaio in alluminio o acciaio senza taglio termico e vetro singolo da 4 mm.

Lo stato di conservazione di primi risulta buono, mentre risulta scadente per l'altra tipologia di componenti finestrati.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti Piano Terra

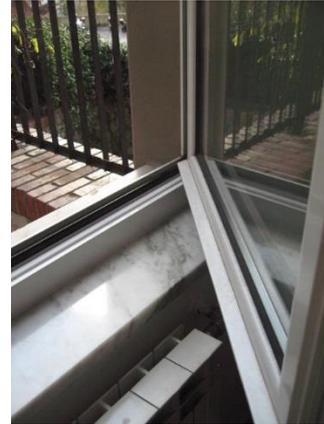


Figura 4.5 - Particolare dei serramenti Piano Seminterrato



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione del rilievo termografico.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli infissi presentano un comportamento normale con presenza di ponte termico perimetrale
- Il grado di isolamento offerto dagli infissi in vetrocamera è sufficiente.

Figura 4.6 – Rilievo termografico dei serramenti sulla facciata Nord



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

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Finestra vd 150x155	W1	150x155	Alluminio	Vetro doppio	2,796	Buono
Finestra vd 120x155	W2	120x155	Alluminio	Vetro doppio	2,855	Buono
Porta-finestra vd 170x240	W3	170x240	Alluminio	Vetro doppio	2,734	Buono
Finestra vd 160x155	W4	160x155	Alluminio	Vetro doppio	2,782	Buono
Finestra vd 80x155	W5	80x155	Alluminio	Vetro doppio	2,782	Buono
Porta-finestra vd 160x240	W6	160x240	Alluminio	Vetro doppio	2,747	Buono
Porta-finestra vd 110x240	W7	110x240	Alluminio	Vetro doppio	2,684	Buono
Finestra vd 110x155	W8	110x155	Alluminio	Vetro doppio	2,722	Buono
Finestra vd 80x115	W10	80x115	Alluminio	Vetro doppio	2,744	Buono
Finestra vs 150x155	W11	150x155	Alluminio	Vetro singolo	4,963	Sufficiente
Porta-finestra vs 160x240	W12	160x240	Alluminio	Vetro singolo	4,908	Sufficiente
Porta-finestra vs 120x240	W13	120x240	Alluminio	Vetro singolo	4,985	Sufficiente
Finestra vs sl 230x150	W14	230x150	Acciaio	Vetro singolo	5,042	Scadente
Finestra vs sl 155x150	W15	155x150	Acciaio	Vetro singolo	5,020	Scadente
Finestra vs 80x155	W16	80x155	Alluminio	Vetro singolo	4,947	Sufficiente
Finestra vs 120x155	W17	120x155	Alluminio	Vetro singolo	5,023	Sufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto ad acqua.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in alluminio
- Radiatori a piastra in acciaio

I terminali di cui sopra sono per la maggior parte posizionati su parete esterna non isolata. Sono inoltre dotati di valvola termostatica, radiocontrollata, e ripartitore di calore.

E’ necessario sottolineare che al momento del sopralluogo alcune valvole termostatiche risultavano non funzionanti a causa di batterie scariche o danneggiate.

Figura 4.7 - Particolare valvola termostatica



Figura 4.8 – Particolare radiatore in alluminio



Figura 4.9 - Particolare radiatore in acciaio con valvola termostatica danneggiata



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 ⁽¹⁾
Scuola materna	Radiatori	91,3%

Nota (1): Valore ricavato da modellazione energetica

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Seminterrato	A parete	nd	nd	nd	-	-
Terra	A parete	nd	nd	nd	-	-
TOTALE		nd	nd	172,6	-	-

Nota (1): Valore ricavato da modellazione energetica

In fase di sopralluogo non è stato possibile desumere la potenza di ciascun radiatore non conoscendo le loro specifiche tecniche. Pertanto tale dato è stato ricostruito mediante modellazione energetica via software certificato, ritendendo che quanto installato corrisponde all'effettivo fabbisogno. La valutazione è stata fatta considerando un salto termico lato aria di 50°C e lato acqua di 30°C, in quanto presenti le valvole termostatiche di regolazione.

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

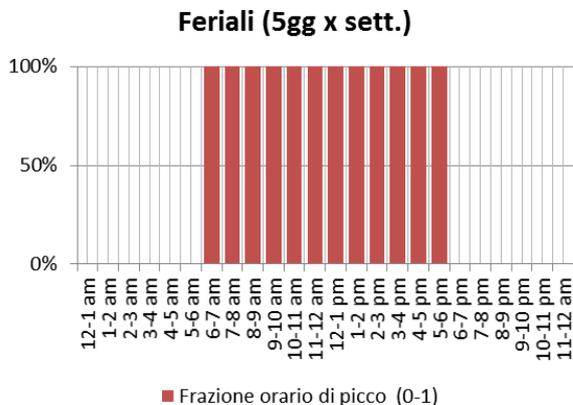
La regolazione dell’impianto avviene attraverso cronotermostato con orari pre-impostati, inoltre in centrale termica è presente un sistema di telegestione dotato con impostazione della curva climatica.

Nei locali climatizzati sono inoltre presenti, oltre alle valvole termostatiche già mostrate in precedenza, dei termostati di zona che permettono il controllo remoto delle valvole installate sui radiatori. Al momento del sopralluogo il set-point di temperatura nei locali era impostato a 21°C.

Figura 4.10 - Particolare del termostato ambiente.



Figura 4.11 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per la zona termica Scuola Materna



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO ⁽¹⁾
Scuola Materna	Climatica + singolo ambiente	98,0%

Nota (1): Valore ricavato da modellazione energetica

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

Dal libretto di centrale si ricava che il sottosistema di distribuzione è del tipo verticale a colonne montanti. Il circuito viene gestito da un circolatore gemellare a giri variabili, con potenza assorbita massima di 1789 W per singola girante.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito distribuzione riscaldamento

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾	PREVALENZA ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾
		[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
Caldiaia a basamento	- Riscaldamento	0 - 108	20 - 90	1,9 – 3,5
TOTALE		0 - 108	20 - 90	1,9 – 3,5

Nota (1): 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 di distribuzione

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾
			°C	°C
Caldiaia a basamento	Mandata	Caldo	nd	80
	Ritorno	Caldo	nd	60

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo in condizioni di progetto

Non è stato possibile rilevare le temperature di mandata e ritorno causa inaccessibilità alla centrale termica. Le condizioni di progetto sono riferite ad una temperatura esterna di 0°C.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 94,5%, valore calcolato da modellazione energetica mediante software certificato Edilclima.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica in cui è installata una coppia di generatori di calore in acciaio in cascata, funzionanti a gas naturale.

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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾	RENDIMENTO ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽²⁾
				[kW]	[kW]		[kW]
Gen 1 Riscaldamento e ACS	Hoval	Uno-3	2003	263,1	251	95,4%	nd
Gen 2 Riscaldamento e ACS	Hoval	Uno-3	2003	263,1	251	95,4%	nd

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valore non disponibile nella scheda tecnica dei generatori

Le caldaie sono equipaggiate con bruciatori ad aria soffiata aventi campo di potenza termica erogata 60-300 kW.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 89,6%, valore ricavato dalla modellazione energetica mediante software certificato, calcolati secondo le norme UNI TS 11300.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria risulta elevato, vista la destinazione d'uso a Scuola dell'infanzia dei locali e alla presenza della cucina a servizio della scuola stessa.

La produzione è eseguita in combinazione al riscaldamento, tramite i generatori descritti in precedenza e con presenza di un serbatoio di accumulo di ACS.

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.9 e sono stati ricavati dalla modellazione energetica mediante software certificato, calcolati secondo le norme UNI TS 11300.

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 ⁽¹⁾
100%	92,6%	100%	100%	89,6%	79%

Nota (1) Rispetto all'energia primaria totale

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non sono presenti impianti per il raffrescamento.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non sono presenti impianti di ventilazione meccanica.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali frigoriferi, distributori di bevande, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso. Il montacarichi presente utilizzato per il trasporto dei pasti dalla cucina al refettorio rientra all'interno della modellazione energetica mediante software di calcolo.

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]
Scuola Materna	PC	1	100	100	6000
	Fotocopiatrice	2	1200	2400	6000
	Stampante	1	200	200	6000
	Lavastoviglie	1	4000	4000	400
	Cappa aspirante	1	400	400	600
	Congelatore	1	800	800	6000
	Frigorifero cucina	1	500	500	6000
	Frigorifero	1	500	500	6000
	Distributore bevande	2	800	1600	6000

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito esclusivamente da lampade a fluorescenza di tipo T8. Le tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a fluorescenza 1x18W;
- Lampade a fluorescenza 1x36W;
- Lampade a fluorescenza 1x58W;
- Lampade a fluorescenza 2x36W.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti a fluorescenza tipo T8 1x36W ubicati nel corridoio



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]
Scuola Materna	Fluorescente T8 1x18W	20	18	360
	Fluorescente T8 1x36W	34	36	1224
	Fluorescente T8 1x58W	1	58	58
	Fluorescente T8 2x36W	52	72	3744

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.

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

Non sono presenti impianti per la produzione di energia elettrica o di cogenerazione.

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, la produzione di ACS e gli usi cottura è il gas naturale.

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

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

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

Nota (1) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di gas naturale avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria;
- Usi cottura.

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

L'analisi dei consumi storici di gas naturale si basa sulla ripartizione delle spese condominiali riguardanti il riscaldamento e la produzione di ACS, a partire dalla documentazione fornita dall'amministrazione condominiale e dalla valutazione del prezzo del combustibile negli anni considerati per l'analisi. Per quanto riguarda invece il consumo relativo agli usi cottura si è provveduto all'analisi delle fatture a disposizione per gli anni 2015-2016.

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 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270025334938	Riscaldamento e ACS	nd	nd	nd	nd	nd	nd
03270025335039	Usi cottura	505	844	788	4.757	7.950	7.423

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. Nella Tabella 5.3 si riportano i consumi del PDR1 ricavati dalla rendicontazione condominiale stagionale (relativa alle stagioni di riscaldamento 2013-2014, 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017), redistribuiti mensilmente secondo i gradi giorno calcolati in precedenza e secondo i prezzi di fornitura del gas naturale valutati nei 5 anni delle stagioni considerate. Nella tabella sono presenti i soli consumi attribuibili alla scuola. Per il PDR2 invece si riportano i consumi fatturati dalla società di fornitura.

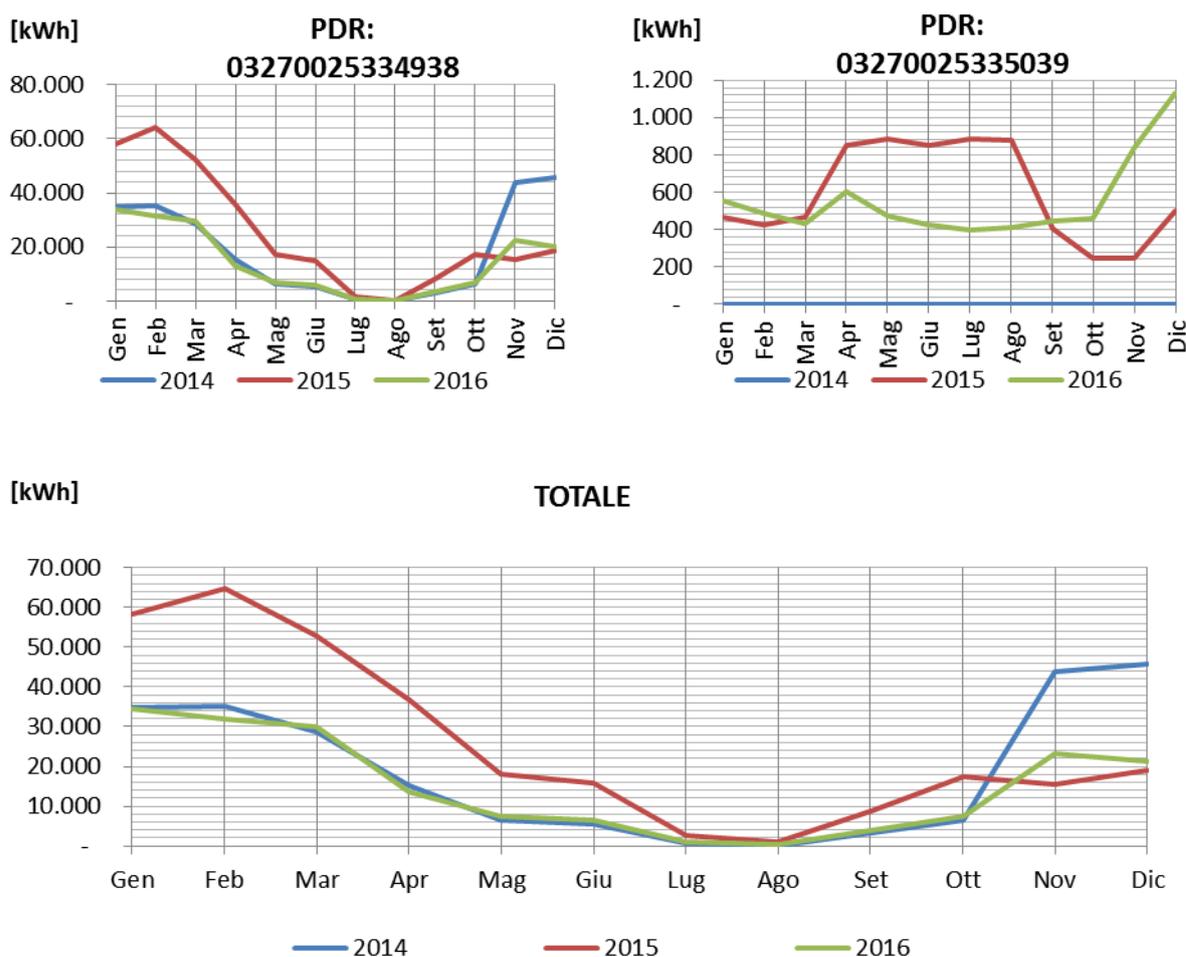
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura e amministrazione condominiale

PDR: 03270025334938	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.684	6.141	3.606	34.703	57.848	33.970
Febbraio	3.731	6.823	3.325	35.147	64.276	31.318
Marzo	3.031	5.574	3.135	28.553	52.504	29.533
Aprile	1.620	3.807	1.359	15.257	35.864	12.803
Maggio	683	1.816	740	6.430	17.110	6.974
Giugno	595	1.582	645	5.600	14.903	6.074
Luglio	68	182	74	644	1.714	698
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	330	879	358	3.112	8.281	3.375
Ottobre	683	1.816	740	6.430	17.110	6.974
Novembre	4.652	1.623	2.359	43.826	15.285	22.221
Dicembre	4.846	1.981	2.135	45.653	18.658	20.109
Totale	23.923	32.224	18.477	225.356	303.553	174.049
PDR: 03270049123457	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio		50	59	-	468	556
Febbraio		45	52	-	423	490
Marzo		50	46	-	468	433
Aprile		90	64	-	848	603
Maggio		94	50	-	885	471
Giugno		90	45	-	848	424
Luglio		94	42	-	885	396
Agosto		93	44	-	876	414
Settembre		43	47	-	405	443
Ottobre		26	49	-	245	462
Novembre		26	89	-	245	838
Dicembre		53	120	-	499	1.130
Totale	-	753	707	-	7.096	6.660

I consumi del PDR 2 sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA (identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file kyotoBaseline-E1683) ed è emerso uno scostamento del 10,3% per entrambi gli anni di cui sono disponibili le fatture.

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio, dedotto dalla spesa attribuita a riscaldamento e produzione di ACS, subisce un aumento non attendibile per l’anno 2015, mentre per gli anni 2014 e 2016 si hanno consumi tra loro in linea. Confrontando l’andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che il consumo dell’anno 2015 non è giustificabile attraverso la valutazione della stagione termica.

Per quanto concerne invece il consumo dedicato alla cucina della scuola, si nota che la fatturazione ha un andamento piuttosto irregolare e non rispecchia l’effettivo utilizzo dei locali.

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.
 Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, valutato considerando la contabilizzazione e la ripartizione della produzione di ACS fra i vari condomini dell'edificio.

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

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

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

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

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

Si sottolinea che ai fini della normalizzazione e della successiva validazione del modello energetico si utilizzeranno per la definizione dei consumi reali, $Q_{real,i}$, i consumi di gas metano ricavati dalla rendicontazione stagionale fornita dall'amministrazione condominiale.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REAI} SU 111 GIORNI	GG ^{RIF} SU 111 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 926 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	842	926	15.850	149.350	177,4	164.326	76.044	-
2015	839	926	17.975	169.373	201,9	186.979	134.232	-
2016	867	926	11.930	112.413	129,6	120.069	61.666	-
Media	849	926	15.252	143.712	169,2	156.723	90.647	-

Come si può notare dai dati riportati si ribadisce l'anomalo consumo di gas naturale per l'anno centrale del triennio di riferimento, in particolar modo per quanto riguarda la produzione di ACS. In tali condizioni la scelta di utilizzare tutti e tre gli anni per definire la baseline dei consumi non sarebbe corretta, o quantomeno tale baseline risulterebbe poco realistica. Dunque la definizione dei consumi di riferimento deriverà dalla valutazione degli anni 2014 e 2016.

Le differenze fra la somma dei consumi reali di riscaldamento e ACS riportati in Tabella 5.4 e i consumi totali in Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica Tabella 5.2 sono inferiori all'1‰ e sono dovuti all'arrotondamento dei risultati durante il calcolo dei consumi ricavati dalla rendicontazione.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kwh]
\bar{Q}_{ACS}	68.855
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	141.870
$Q_{baseline}$	210.725

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio delle seguenti utenze

- Scuola dell’Infanzia

Si precisa il fatto che tale contatore rileva i consumi delle utenze elettriche presenti nei locali della sola scuola; sono quindi esclusi i consumi relativi alla generazione e alla distribuzione di acqua calda per ACS e riscaldamento che sono contabilizzati nel contatore condominiale. Pertanto nelle analisi a seguire e nella modellazione questi ultimi contributi saranno esclusi dal confronto con i consumi derivanti dal POD analizzato.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00098027	Scuola Materna	11.702	14.035	13.332	13.023
TOTALE		11.702	14.035	13.332	13.023

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) e sono emerse le seguenti differenze: per l’anno 2014 i consumi coincidono, mentre si calcola uno scarto dell’1,8% e del 6,3% per i successivi due anni rispettivamente.

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

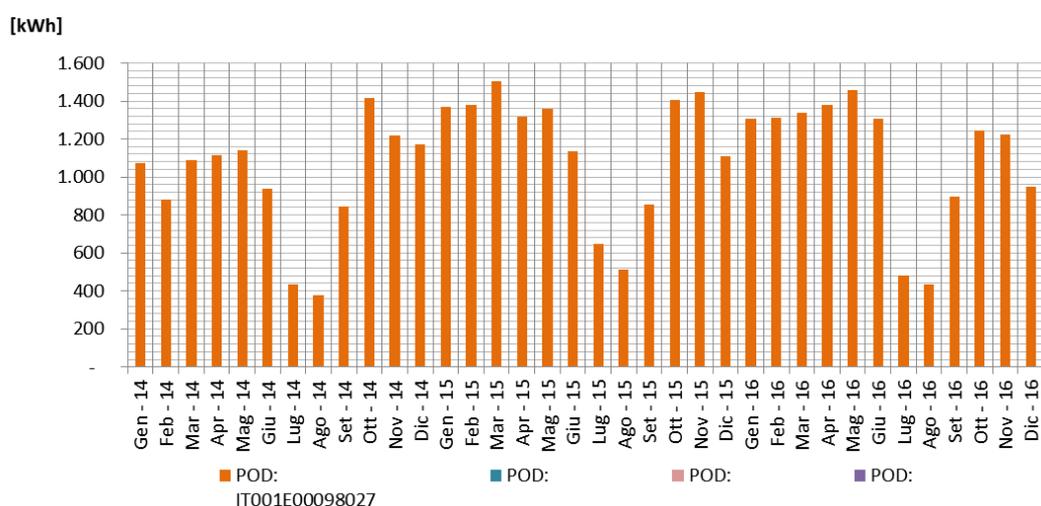
Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 13.023 kWh.

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

POD: IT001E00098027	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	818	122	134	1.074
Feb - 14	655	113	114	882
Mar - 14	812	141	136	1.089
Apr - 14	765	154	195	1.114
Mag - 14	783	169	189	1.141
Giu - 14	583	145	210	938
Lug - 14	202	85	148	435
Ago - 14	157	76	144	377
Set - 14	535	124	188	847
Ott - 14	928	191	295	1.414
Nov - 14	778	160	281	1.219

Dic - 14	729	155	288	1.172
Totale	7.745	1.635	2.322	11.702
POD: IT001E00098027	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	920	173	274	1.367
Feb - 15	989	162	229	1.380
Mar - 15	1.045	178	279	1.502
Apr - 15	871	156	291	1.318
Mag - 15	889	183	287	1.359
Giu - 15	675	175	285	1.135
Lug - 15	317	121	207	645
Ago - 15	195	104	213	512
Set - 15	498	144	213	855
Ott - 15	981	187	238	1.406
Nov - 15	976	198	271	1.445
Dic - 15	724	133	254	1.111
Totale	9.080	1.914	3.041	14.035
POD: IT001E00098027	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	847	184	278	1.309
Feb - 16	876	189	247	1.312
Mar - 16	922	159	257	1.338
Apr - 16	911	195	274	1.380
Mag - 16	962	203	292	1.457
Giu - 16	836	190	279	1.305
Lug - 16	224	94	161	479
Ago - 16	188	86	163	437
Set - 16	572	143	180	895
Ott - 16	860	163	222	1.245
Nov - 16	861	147	217	1.225
Dic - 16	593	139	218	950
Totale	8.652	1.892	2.788	13.332

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

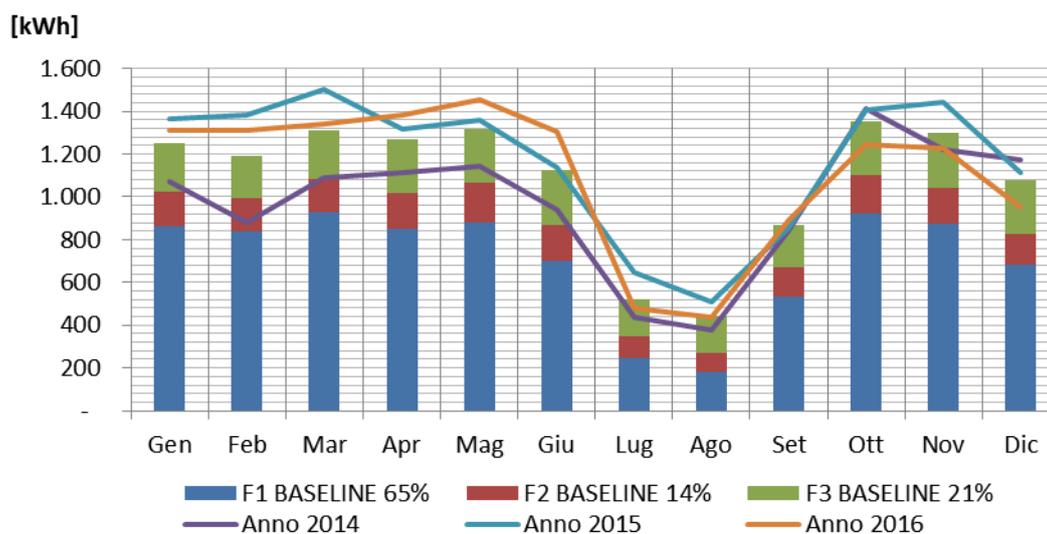
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	862	160	229	1.250
Febbraio	840	155	197	1.191
Marzo	926	159	224	1.310
Aprile	849	168	253	1.271
Maggio	878	185	256	1.319
Giugno	698	170	258	1.126
Luglio	248	100	172	520
Agosto	180	89	173	442
Settembre	535	137	194	866
Ottobre	923	180	252	1.355
Novembre	872	168	256	1.296
Dicembre	682	142	253	1.078
Totale	8.492	1.814	2.717	13.023

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

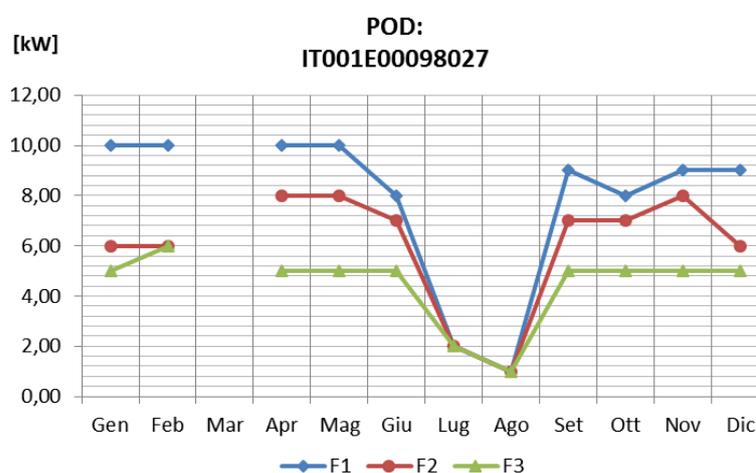
Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti molto simili. Si nota tuttavia che per l'anno 2014 il consumo nei mesi precedenti a luglio e agosto risulta essere inferiore rispetto allo stesso periodo degli altri due anni, probabilmente a seguito dell'installazione di nuove apparecchiature elettriche o a un diverso utilizzo di quelle già presenti. Si osserva che anche nei mesi di luglio e agosto si hanno consumi non nulli, nonostante sia periodo di interruzione delle lezioni. In tale periodo tuttavia vengono svolte attività da parte del personale ausiliario, tecnico e amministrativo che concorrono al consumo mensile mediante l'utilizzo di attrezzature elettriche e di illuminazione; inoltre tali consumi possono essere attribuiti ad apparecchiature collegate alla rete ma in modalità stand-by.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto non esiste sovrapposizione fra periodo di riferimento e curve disponibili. Dalle fatture del 2015 è stato invece possibile ricostruire i profili di assorbimento di potenza del POD nelle 3 fasce orarie e per tutti i mesi dell'anno, tranne che per il mese di marzo per il quale non ci sono dati disponibili, che presentano il seguente andamento.

Figura 5.4 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00012345



Il prelievo di potenza massima è pari a 10 kW e si verifica in fascia F1 in tutti i mesi da gennaio a maggio. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza disponibile al contatore. Non si riscontrano anomalie riguardanti il prelievo di potenza nelle fasce F2 e F3, in quanto inferiori a quelle della fascia F1.

Tali profili risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

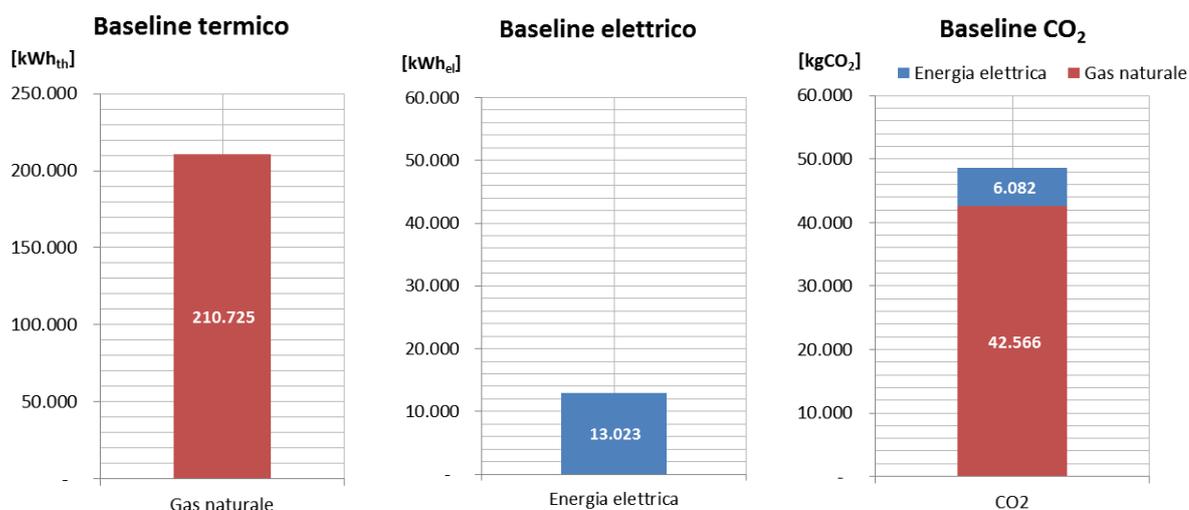
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.5

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	13.023	* 0,467	6.082
Gas naturale	210.725	* 0,202	42.566

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.

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

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

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.004	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.042	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	3.815	m ³

Nella Tabella 5.13 e

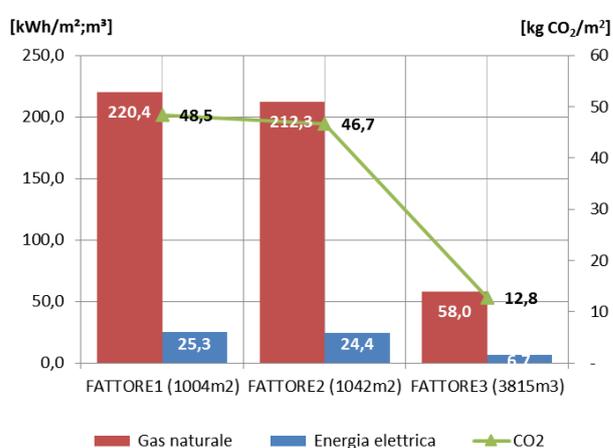
Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

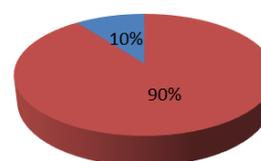
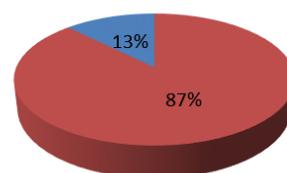
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	210.725	1,05	221.261	220,4	212,3	58,0	42,40	40,85	11,16
Energia elettrica	13.023	2,42	31.516	31,4	30,2	8,3	6,06	5,84	1,59
TOTALE			252.777	252	243	66	48	47	13

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ²]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ²]
Gas naturale	210.725	1,05	221.261	220,4	212,3	58,0	42,40	40,85	11,16
Energia elettrica	13.023	1,95	25.395	25,3	24,4	6,7	6,06	5,84	1,59
TOTALE			246.656	246	237	65	48	47	13

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	30,3	44,1	25,3	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	8,3	9,9	9,4

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo un risultato insufficiente per l'IEN_R in tutti e tre gli anni, mentre il risultato è sufficiente per l'indicatore relativo all'energia elettrica nei tre anni considerati. Da notare che l'indicatore per il gas naturale riferito al 2015 presenta un valore piuttosto superiore agli altri due anni, confermando l'assunzione effettuata in precedenza per la definizione della baseline.

Per effettuare una valutazione riassuntiva degli indicatori di performance energetica e un confronto rispetto agli altri edifici del lotto, si faccia riferimento all'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 non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno		175,90
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	138,30	138,30
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	12,95	12,95
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	29,92	24,11
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,68	0,55
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	36,07	

L’indice di prestazione energetica relativo all’energia primaria totale, per la valutazione in modalità standard di utilizzo, vale 181,84 kWh/(mq anno).

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno] o [kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	15.353	151.893
Energia Elettrica	12.946	25.245

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve, el} + E_{aux, e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L, int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c, aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(1)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (1) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando il reale funzionamento dell'impianto ed inserendo nel modello tutti i dati tecnici disponibili e rilevati in sede di sopralluogo. Nella Tabella 6.4 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità “Adattata all'utenza”.

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, nren}$	kWh/mq anno		226,66
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	203,85	203,85
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	12,95	12,95
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-

Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	11,56	9,31
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,68	0,55
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	45,70	

L'indice di prestazione energetica relativo all'energia primaria totale, per la valutazione in modalità adattata all'utenza, vale 229,04 kWh/(mq anno).

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato ricavato dalla modellazione, riportato nella Tabella 6.5. Tali indici sono coerenti con quelli calcolati in precedenza derivanti dai valori di baseline; risultano infatti inferiori in quanto la parte dei consumi identificati con la quota FEM non è contenuta nella modellazione energetica mediante software certificato ma valutata a parte.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	20.861	207.359
Energia Elettrica		5.078

Nella Tabella 6.5 il valore di consumo di energia elettrica deriva dalla modellazione effettuata mediante software certificato e non contiene la quota indicata sotto la voce FEM, valutata separatamente e pari a 7868 kWh.

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]	[%]
207.359	210.725	1,6%

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]	[%]
12.946	13.023	0,6%

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

La stima dei consumi di energia elettrica attribuibili a illuminazione e trasporto di persone o cose deriva dalla modellazione sviluppata mediante software certificato. Per quanto riguarda invece la quota parte relativa alle utenze identificate con il nome FEM, e identificabili con le attrezzature in Tabella 4.10, è stata fatta una valutazione dei valori di potenze assorbite, fattori di carico e ore di funzionamento medi annuali. Il dettaglio del calcolo si può trovare nell'Allegato B – Elaborati.

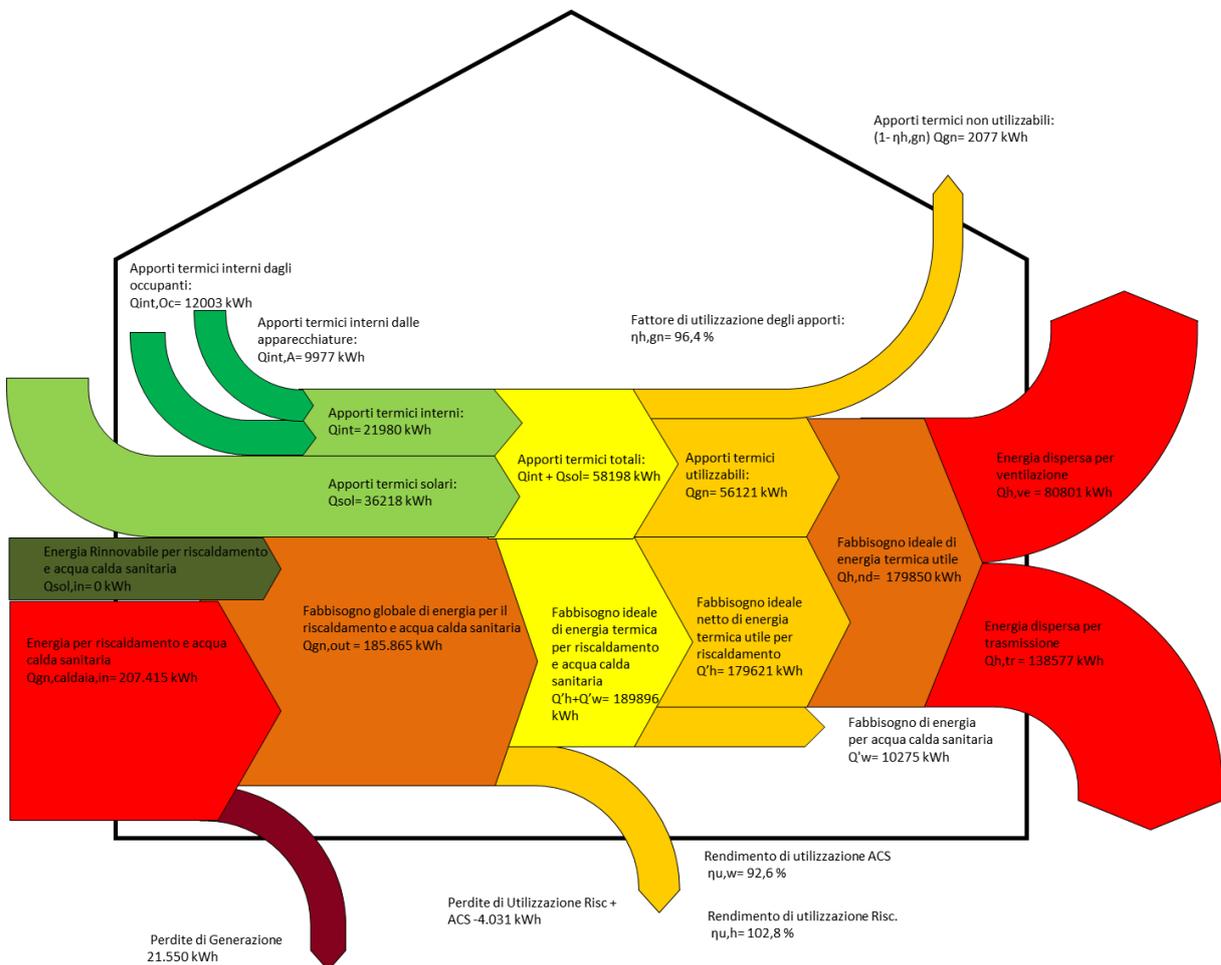
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

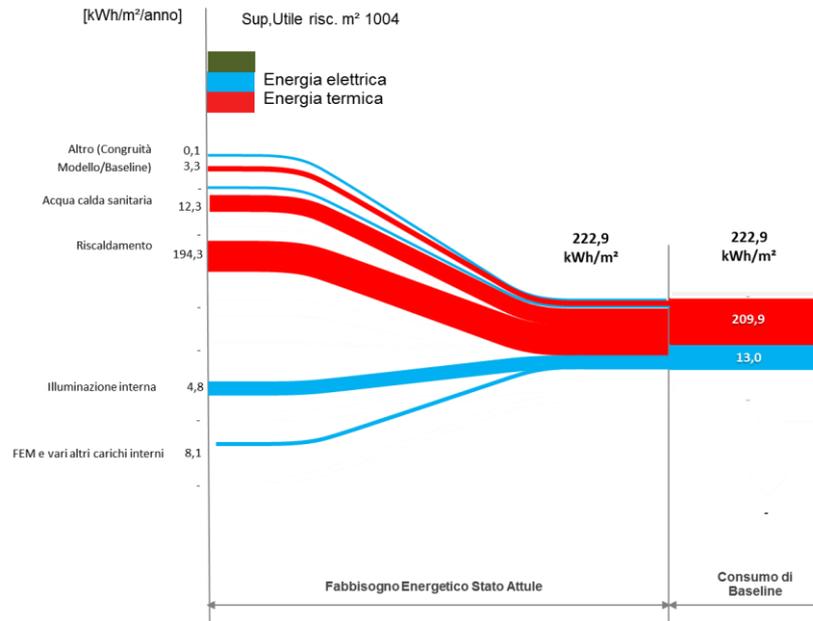
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

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



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

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

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

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

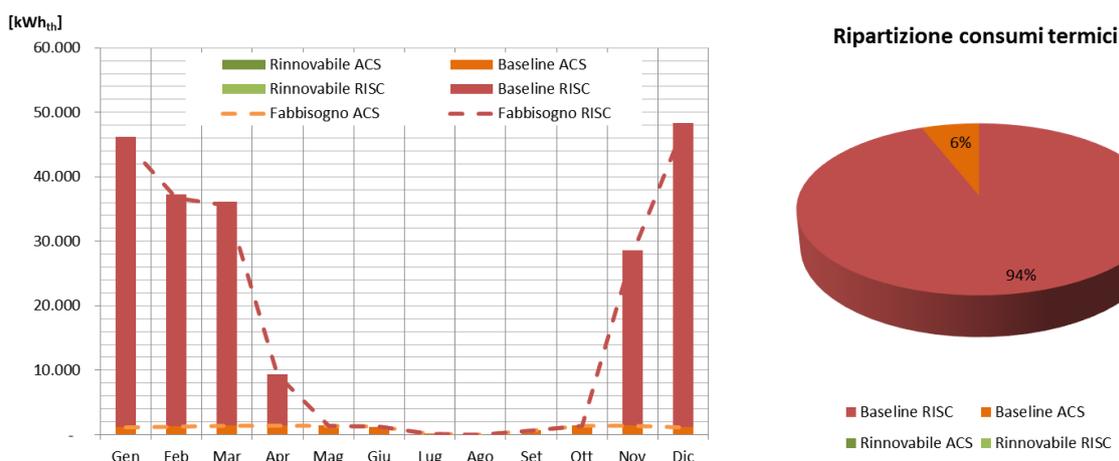
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio   possibile notare come sia ampiamente determinato dai consumi termici per la climatizzazione invernale. Per quanto riguarda la parte elettrica la quota pi  importante   quella legata alla voce FEM, a causa della presenza della cucina e delle sue attrezzature.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi alla climatizzazione invernale.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Per un dettaglio delle assunzioni fatte per valutare il consumo elettrico delle apparecchiature costituenti la voce FEM si faccia riferimento all'Allegato B – Elaborati.

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi, come espresso in precedenza a riguardo del bilancio di energia dell'edificio, alle attrezzature elettriche utilizzate all'interno della scuola, superando il 60% dei consumi elettrici. Si sottolinea il fatto che non sono stati considerati i consumi elettrici legati al riscaldamento e alla produzione di ACS in quanto il POD analizzato serve soltanto i locali della scuola materna, non la centrale termica da cui deriverebbero tali consumi.

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 – 03270025334938: contratto di servizio integrato energia stipulato dall'amministrazione condominiale con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della 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, tuttavia si è potuto effettuare una stima dei costi valutando il prezzo unitario del gas naturale per il triennio considerato e le rispettive stagioni di riscaldamento;
- PDR 2 – 03270025335039: contratto di fornitura del solo 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. Tale PDR è adibito ai soli usi cottura.

Nella Tabella 7.1 si riportano, soltanto per il PDR 2, le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore termico per il triennio di riferimento (PDR2)

PDR: 03270025335039	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	-	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	-	1- IREN MERCATO SPA 2- ENI	1- ENI 2- ENERGETIC SPA
Inizio periodo fornitura	-	1- ND 2- 01/04/2015	1- 01/04/2015 2- 01/04/2016
Fine periodo fornitura	-	1- 01/04/2015 2- ND	1- 31/03/2016 2- ND
Classe del contatore	-	G4	G4
Tipologia di contratto	-	1- ND 2- Prodotto Consip 7 Gas – Utenze con attività di servizio pubblico	1- Prodotto Consip 7 Gas – Utenze con attività di servizio pubblico 2- Prodotto per la gara CONSIP 8 Indiretti - Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	1- ND 2- ND	1- ND 2- ND
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	-	1- 1,023 2- 1,023	1- 1,023 2- 1,023
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	-	34,34 MJ/Sm ³	34,34 MJ/Sm ³
Prezzi di fornitura del combustibile ⁽²⁾ (IVA ESCLUSA)	-	0,033 €/kWh	0,024 €/kWh

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 termico nel triennio di riferimento, soltanto per il PDR1.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento (stima da fatturazione consuntiva condominio per il PDR1 e valori da fatturazione per il PDR2)

PDR: 03270025334938	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	3.006					3.006	34.703	0,087
Febbraio	3.044					3.044	35.147	0,087
Marzo	2.473					2.473	28.553	0,087
Aprile	1.267					1.267	15.257	0,083
Maggio	534					534	6.430	0,083
Giugno	465					465	5.600	0,083
Luglio	50					50	644	0,077
Agosto	-					-	-	-
Settembre	240					240	3.112	0,077
Ottobre	527					527	6.430	0,082
Novembre	3.590					3.590	43.826	0,082
Dicembre	3.740					3.740	45.653	0,082
Totale	18.936	-	-	-	-	18.936	225.356	0,084
PDR: 03270025334938	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	4.774					4.774	57.848	0,083
Febbraio	5.305					5.305	64.276	0,083
Marzo	4.333					4.333	52.504	0,083
Aprile	2.831					2.831	35.864	0,079
Maggio	1.351					1.351	17.110	0,079
Giugno	1.176					1.176	14.903	0,079
Luglio	134					134	1.714	0,078
Agosto	-					-	-	-
Settembre	647					647	8.281	0,078
Ottobre	1.372					1.372	17.110	0,080
Novembre	1.226					1.226	15.285	0,080
Dicembre	1.496					1.496	18.658	0,080
Totale	24.644	-	-	-	-	24.644	303.553	0,081
PDR: 03270025334938	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	2.630					2.630	33.970	0,077
Febbraio	2.425					2.425	31.318	0,077
Marzo	2.287					2.287	29.533	0,077
Aprile	885					885	12.803	0,069
Maggio	482					482	6.974	0,069

Giugno	420					420	6.074	0,069
Luglio	49					49	698	0,071
Agosto	-					-	-	-
Settembre	238					238	3.375	0,071
Ottobre	501					501	6.974	0,072
Novembre	1.598					1.598	22.221	0,072
Dicembre	1.446					1.446	20.109	0,072
Totale	12.963	-	-	-	-	12.963	174.049	0,074
PDR: 03270025335039	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	21	4	3	3	4	35	468	0,075
Febbraio	19	4	3	3	3	32	423	0,075
Marzo	21	4	6	6	4	41	468	0,088
Aprile	26	4	13	18	9	69	848	0,082
Maggio	27	4	13	19	9	72	885	0,081
Giugno	26	4	13	18	9	69	848	0,082
Luglio	26	4	13	19	10	71	885	0,080
Agosto	25	4	10	18	9	65	876	0,075
Settembre	12	4	5	8	4	34	405	0,084
Ottobre	7	4	4	5	3	22	245	0,092
Novembre	7	4	3	5	3	22	245	0,091
Dicembre	15	4	6	10	8	43	499	0,086
Totale	231	46	92	133	75	577	7.096	0,081
PDR: 03270025335039	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	15	4	2	4	3	27	556	0,048
Febbraio	13	4	1	3	3	24	490	0,050
Marzo	12	4	6	8	3	32	433	0,074
Aprile	13	89	9	13	23	147	603	0,244
Maggio	10	89	7	10	22	138	471	0,294
Giugno	9	89	7	9	22	135	424	0,320
Luglio	9	89	6	8	22	134	396	0,339
Agosto	9	89	6	9	22	135	414	0,326
Settembre	10	89	6	9	24	138	443	0,311
Ottobre	12	89	6	10	25	141	462	0,305
Novembre	21	89	10	17	30	168	838	0,200
Dicembre	28	89	14	23	34	188	1.130	0,166
Totale	160	810	79	124	234	1.408	6.660	0,211

Per la fornitura di gas naturale gestita tramite il servizio integrato energia del condominio, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'ARERA (Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente) negli anni considerati dall'analisi.

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

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

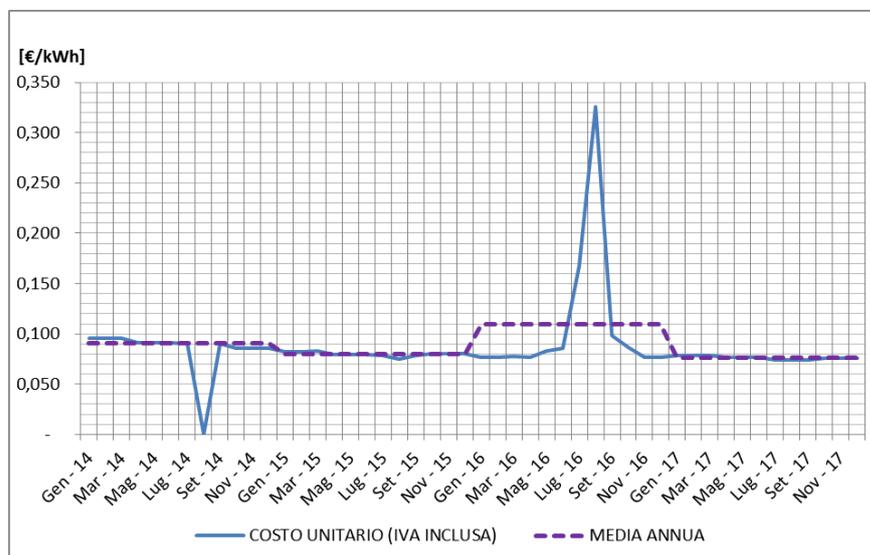
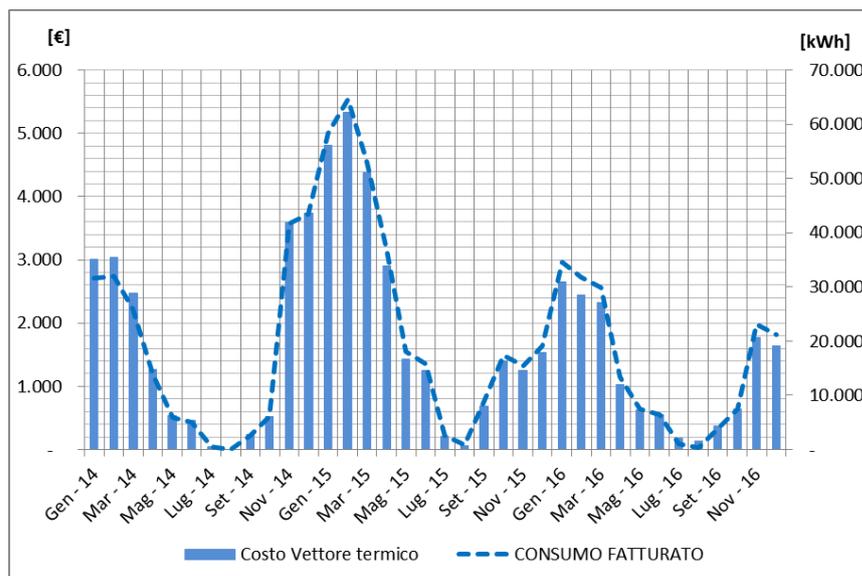


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi fatturati.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto per l'unico POD a servizio dei locali della scuola, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00098027: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00098027	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	1- EDISON ENERGIA SPA 2 - GALA SPA	1 - GALA SPA 2 - IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN MERCATO DA APRILE 2016
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA MARZO 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA SPA DA MARZO 2016
Potenza elettrica impegnata	28 kW	25 kW	25 kW
Potenza elettrica disponibile	28 kW	28 kW	28 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	1 -Forniture in BT (Escluso IP) 2 - CONSIP EE12 Lotto 2	1 - Forniture in BT (Escluso IP) – 2- CONSIP EE12 Lotto 2 CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA esclusa) ⁽²⁾	0,088 €/kWh	0,062 €/kWh	0,066 €/kWh

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

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

POD: IT001E00098 027	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	99	80	85	13	28	306	1.074	0,285
Feb – 14	81	80	70	11	24	266	882	0,302
Mar – 14	100	80	86	14	28	308	1.089	0,283
Apr – 14	106	80	92	14	29	321	1.114	0,288
Mag – 14	68	80	94	14	26	283	1.141	0,248
Giu – 14	88	32	77	12	21	229	938	0,244
Lug – 14	39	80	38	5	16	179	435	0,411
Ago – 14	33	80	33	5	15	166	377	0,440
Set – 14	78	80	73	11	24	265	847	0,313
Ott – 14	128	80	124	18	35	385	1.414	0,273
Nov – 14	109	80	105	15	31	341	1.219	0,279
Dic – 14	102	80	102	15	30	329	1.172	0,281
Totale	1.031	915	979	146	307	3.377	11.702	0,289

POD: IT001E00098 027	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	115	81	114	17	33	359	1.367	0,263
Feb – 15	113	81	114	17	32	357	1.380	0,259
Mar – 15	118	81	125	19	34	377	1.502	0,251
Apr – 15	78	41	110	16	24	269	1.318	0,204
Mag – 15	77	41	113	17	25	272	1.359	0,200
Giu – 15	63	35	93	14	21	226	1.135	0,199
Lug – 15	34	19	57	8	12	130	645	0,202
Ago – 15	27	5	40	6	8	86	512	0,168
Set – 15	41	38	75	11	16	181	855	0,212
Ott – 15	62	36	126	18	24	266	1.406	0,189
Nov – 15	64	39	130	18	25	276	1.445	0,191
Dic – 15	85	39	99	14	24	260	1.111	0,234
Totale	875	536	1.195	175	278	3.060	14.035	0,218
POD: IT001E00098 027	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]					
Gen – 16	90	37	104	16	25	272	1.309	0,208
Feb – 16	73	37	104	16	23	254	1.312	0,193
Mar – 16	70	77	107	17	27	297	1.338	0,222
Apr – 16	73	77	110	17	28	305	1.380	0,221
Mag – 16	82	77	116	18	29	323	1.457	0,222
Giu – 16	78	77	104	16	28	303	1.305	0,232
Lug – 16	34	77	38	6	16	171	479	0,356
Ago – 16	28	77	35	5	15	160	437	0,365
Set – 16	65	77	71	11	22	247	895	0,276
Ott – 16	100	77	100	16	29	322	1.245	0,258
Nov – 16	108	77	98	15	30	329	1.225	0,268
Dic – 16	80	77	77	12	25	270	950	0,284
Totale	878	846	1.065	167	296	3.251	13.332	0,244

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'ARERA.

Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

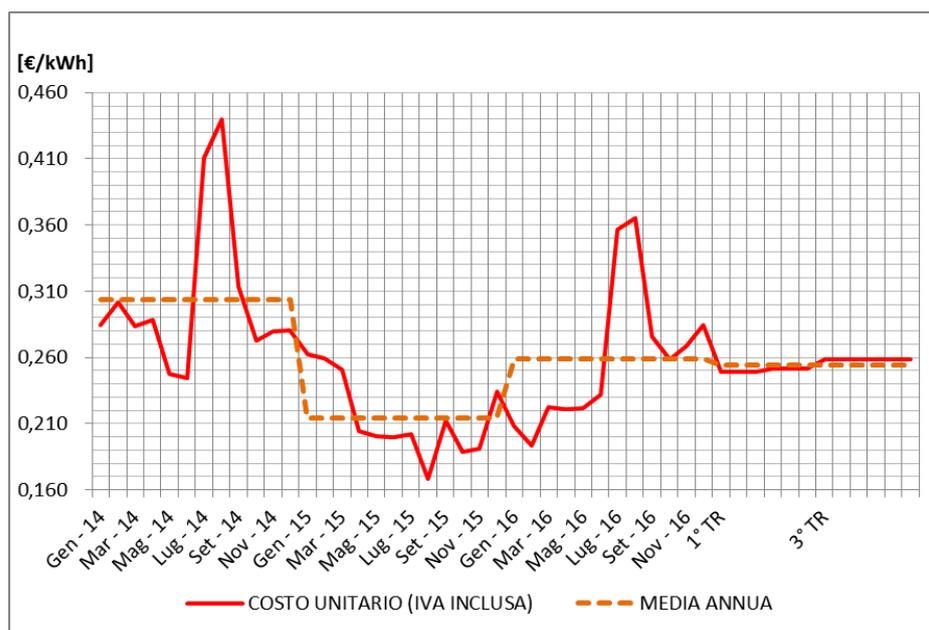
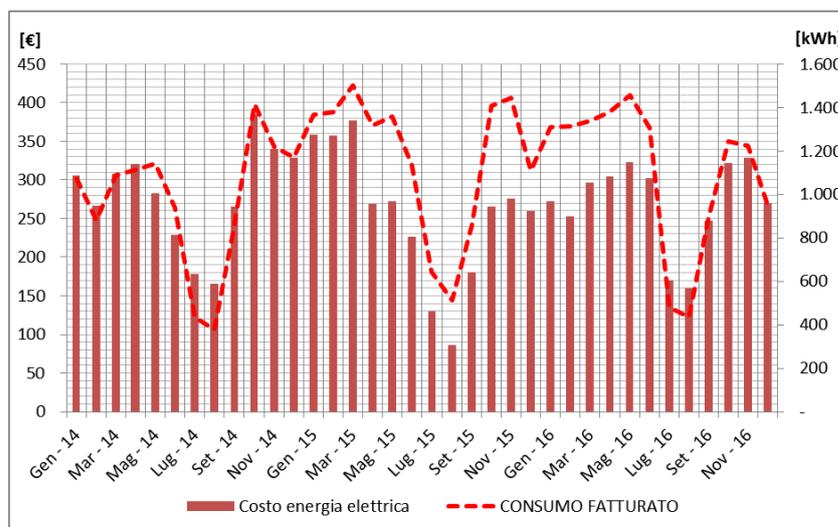


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

Nella Tabella 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati. Per il gas naturale, non avendo a disposizione le fatture relative al 2014, non è stato possibile valutare la spesa sostenuta per il PDR-2, mentre il valore di consumo utilizzato deriva dal file kyotoBaseline-EXXXX.xlsx.

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	225.356	18.936	0,084	11.702	3.377	0,289	22.313
2015	310.649	25.220	0,081	14.035	3.060	0,218	28.280
2016	180.709	14.370	0,080	13.332	3.251	0,244	17.621
2017	-	-	0,078	-	-	0,254	-
Media	238.905	19.509	0,081	13.023	3.229	0,251	22.738

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0,0776 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,254 [€/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 alla centrale termica condominiale.

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA, condomino dell'edificio in esame, pari a 6357 €, valore medio fra le spese sostenute nelle due stagioni di riscaldamento 2013-2014 e 2015-2016, non caratterizzate da spese e consumi anomali. La quota deriva dalle spese per il riscaldamento suddivise in base ai millesimi di ciascun condomino. Tale valore è stato assunto per la definizione dei costi di manutenzione C_M, i quali sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C _{MO}	5.721 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa agli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C _{MS}	636 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

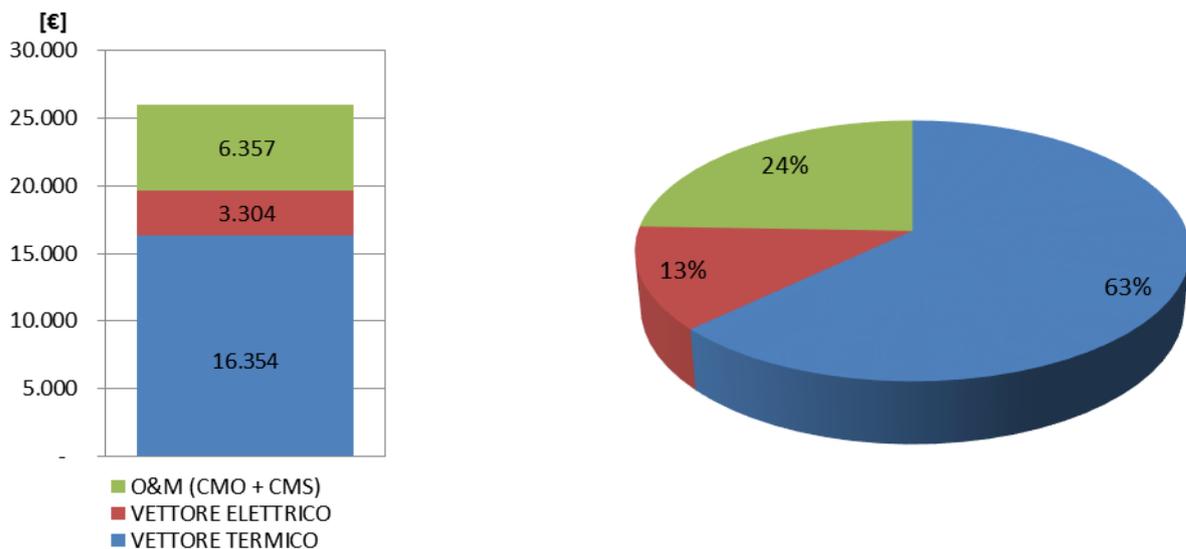
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 19.658 e un $C_{baseline}$ pari a € 26.015.

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
210.725	0,078	16.354	13.023	0,254	3.304	6.357	5.721	636	26.015

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione delle pareti verticali dall'interno

Generalità

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

Nell'edificio in esame, la struttura edilizia principale è costituita da muratura di spessore variabile da 84 cm a 15 cm.

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con pannelli in lana di vetro, materiale traspirante, per garantire non solo il comfort termico, ma anche la salubrità degli ambienti interni.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico. In particolare si è previsto uno spessore del materiale isolante pari a 12 cm.

Descrizione dei lavori

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

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

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

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

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

Prestazioni raggiungibili

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

Le superfici disperdenti opache considerate nell'intervento contribuiscono a quasi il 50% alla potenza dispersa per trasmissione per l'intero edificio, per cui la coibentazione determina un importante effetto sulla riduzione dei consumi, delle emissioni di anidride carbonica e della spesa energetica. La riduzione del consumo di gas naturale per il riscaldamento è stimata a circa il 29%. Si ottiene inoltre un miglioramento di 2 classi energetiche rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione delle pareti verticali dall'interno

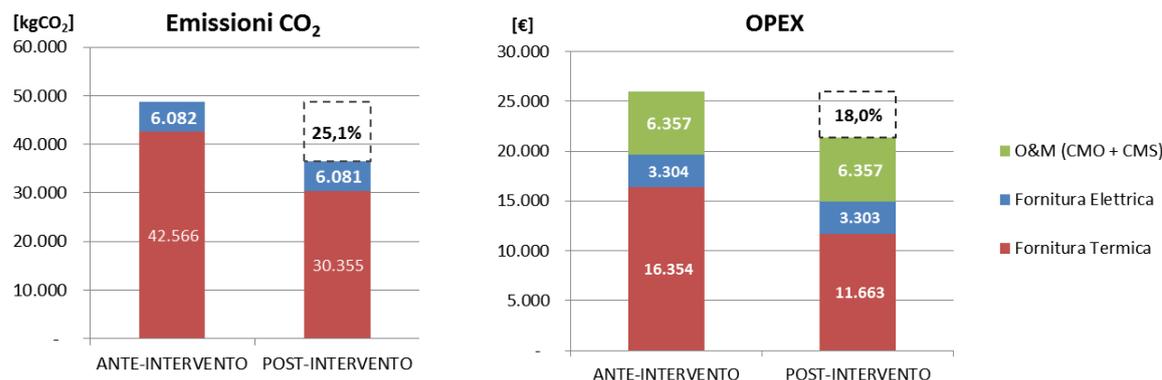
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza termica media pareti verticali oggetto di intervento	[W/m ² K]	2,165	0,250	88,5%
Q _{teorico}	[kWh]	207.415	147.913	28,7%

EE _{teorico}	[kWh]	12.946	12.944	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	210.725	150.273	28,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	13.023	13.021	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	42.566	30.355	28,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.082	6.081	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.648	36.436	25,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.354	11.663	28,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.304	3.303	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.658	14.966	23,9%
C _{MO}	[€]	5.721	5.721	0,0%
C _{MS}	[€]	636	636	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.357	6.357	0,0%
OPEX	[€]	26.015	21.323	18,0%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1). 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

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM2: Coibentazione dall'interno dei pavimenti verso non climatizzato

Generalità

La misura prevede la coibentazione dell'intradosso del solaio disperdente verso i locali non climatizzati al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali.

Nell'edificio in esame, la struttura edilizia è costituita da solaio in laterocemento con spessore di 30 cm.

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, la posa di uno strato isolante sui pavimenti dei locali del piano seminterrato, rivolti verso locali non riscaldati.

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con pannelli in lana di vetro, in coerenza con il precedente intervento proposto sulle pareti verticali.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico. In particolare si è previsto uno spessore del materiale isolante pari a 10 cm.

Descrizione dei lavori

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

L'intervento prevede la rimozione della finitura interna dei pavimenti, la posa dello strato isolante e il ripristino della pavimentazione, previa posa di sottofondo adeguato.

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

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

Prestazioni raggiungibili

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

Le superfici disperdenti orizzontali considerate nell'intervento contribuiscono a quasi il 19% alla potenza dispersa per trasmissione per l'intero edificio, per cui la coibentazione determina un effetto non trascurabile sulla riduzione dei consumi, delle emissioni di anidride carbonica e della spesa energetica. La riduzione del consumo di gas naturale per il riscaldamento è stimata a circa il 16%. Tuttavia non si ottiene un salto di classe energetica.

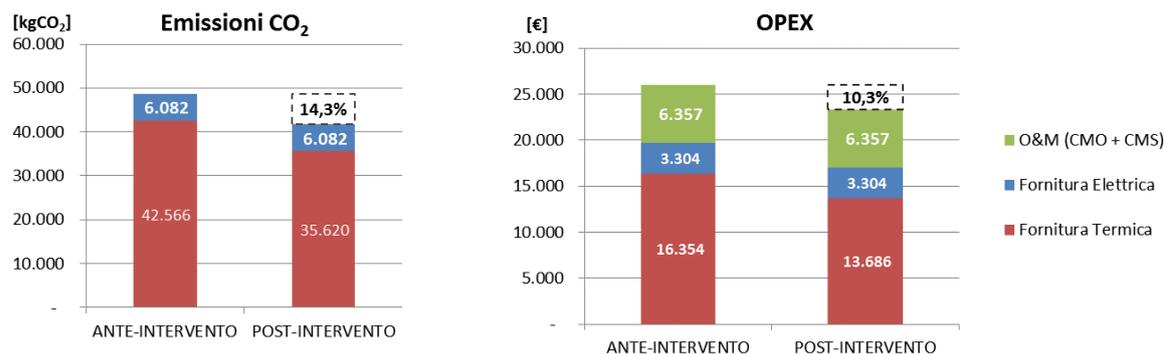
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Coibentazione dall'interno dei pavimenti verso non climatizzato

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Trasmittanza media pavimento P1	[W/m²K]	1,63	0,288	82,3%
Q _{teorico}	[kWh]	207.415	173.568	16,3%
EE _{teorico}	[kWh]	12.946	12.946	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	210.725	176.337	16,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	13.023	13.023	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	42.566	35.620	16,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.082	6.082	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.648	41.702	14,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.354	13.686	16,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.304	3.304	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.658	16.990	13,6%
C _{MO}	[€]	5.721	5.721	0,0%
C _{MS}	[€]	636	636	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.357	6.357	0,0%
OPEX	[€]	26.015	23.346	10,3%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

Nota (1). 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

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/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

Le misure di efficienza riguardanti l'impianto di riscaldamento saranno descritte nella sezione dedicata agli impianti di generazione da fonti rinnovabili, in quanto relativa all'installazione di una pompa di calore, così come spiegato nella sezione 1.5.

8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

EEM3: Installazione scaldacqua a condensazione

Generalità

Nell'intervento si propone l'installazione di un generatore d'acqua calda sanitaria ad accumulo, alimentato a gas naturale a condensazione ad alto rendimento e taglia XXL di produzione di ACS.

Separando il circuito di acqua calda sanitaria dall'impianto di produzione centralizzato ed installando un dispositivo ad alta efficienza si ha la possibilità di ottimizzare i consumi di ACS e soprattutto ridurre i consumi di gas naturale, visto l'elevato volume utilizzato sia per i servizi della scuola sia per l'utilizzo nella cucina.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Lo scaldacqua a condensazione raggiunge rendimenti di generazione fino al 108% per la produzione di acqua calda in bassa temperatura, essendo sfruttata la tecnologia delle caldaie a condensazione. Si tratta di un dispositivo con camera di combustione stagna e bruciatore premiscelato e sono previsti cicli termici antilegionella per l'accumulo.

Nello specifico si tratta di un accumulo da 400 litri con una produzione in continuo di 841 l/h.



Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato. Il generatore deve essere installato all'interno e l'intervento prevede il collegamento dello stesso all'attuale circuito di distribuzione di acqua calda sanitaria. Il generatore deve essere inoltre collegato al contatore di gas naturale dedicato per la scuola materna ed attualmente utilizzato solamente per gli usi cottura. Inoltre l'installazione necessita di un adeguato sistema di evacuazione dei fumi.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella L'intervento contribuisce a migliorare di oltre il 9% il rendimento di generazione, tuttavia il vantaggio in termini energetici ed economici risulta relativamente ridotto. Inoltre non permette il salto di classe energetica. La proposta rientra tuttavia nell'alternativa di staccare i sistemi termici della scuola dall'impianto centralizzato dell'intero condominio. In tal senso diventa più efficace la gestione dei consumi di energia per la produzione di acqua calda, inoltre si vanno a ridurre le spese dovute alla manutenzione grazie ad un

sistema più compatto e meno complesso rispetto a quello presente nella centrale termica del condominio. Per la valutazione delle spese di manutenzione, oltre alle osservazioni appena fatte, è stato inoltre considerato che la scuola non andrà più a pagare la quota di consumo di energia elettrica e di altre spese comuni al condominio, calcolate su base millesimale. In effetti in questo intervento il vantaggio economico risulta maggiormente influenzato dalla stima dei risparmi sulle spese della manutenzione che non sui risparmi energetici.

Tabella 8.3 e nella Figura 8.3.

L'intervento contribuisce a migliorare di oltre il 9% il rendimento di generazione, tuttavia il vantaggio in termini energetici ed economici risulta relativamente ridotto. Inoltre non permette il salto di classe energetica. La proposta rientra tuttavia nell'alternativa di staccare i sistemi termici della scuola dall'impianto centralizzato dell'intero condominio. In tal senso diventa più efficace la gestione dei consumi di energia per la produzione di acqua calda, inoltre si vanno a ridurre le spese dovute alla manutenzione grazie ad un sistema più compatto e meno complesso rispetto a quello presente nella centrale termica del condominio. Per la valutazione delle spese di manutenzione, oltre alle osservazioni appena fatte, è stato inoltre considerato che la scuola non andrà più a pagare la quota di consumo di energia elettrica e di altre spese comuni al condominio, calcolate su base millesimale. In effetti in questo intervento il vantaggio economico risulta maggiormente influenzato dalla stima dei risparmi sulle spese della manutenzione che non sui risparmi energetici.

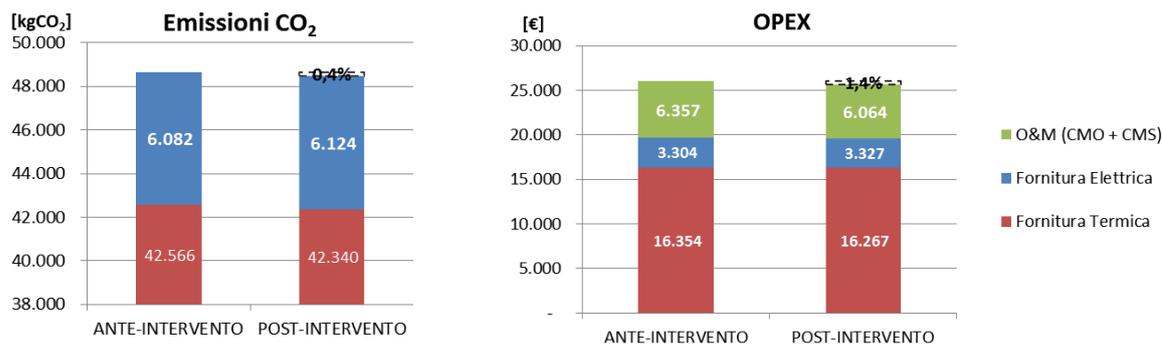
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione scaldacqua a condensazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 Rendimento di generazione	[%]	89,6	98	-9,4%
Q _{teorico}	[kWh]	207.415	206.312	0,5%
E _{Eteorico}	[kWh]	12.946	13.037	-0,7%
Q _{baseline}	[kWh]	210.725	209.604	0,5%
E _{Ebaseline}	[kWh]	13.023	13.115	-0,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	42.566	42.340	0,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.082	6.124	-0,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.648	48.464	0,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.354	16.267	0,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.304	3.327	-0,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.658	19.595	0,3%
C _{MO}	[€]	5.721	5.435	5,0%
C _{MS}	[€]	636	629	1,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.357	6.064	4,6%
OPEX	[€]	26.015	25.659	1,4%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

Nota (1). 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

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Non sono previsti interventi sugli impianti di ventilazione e climatizzazione estiva, in quanto non presenti nello stato di fatto.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Sostituzione corpi illuminanti interni

Generalità

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

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

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

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



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

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

Tabella 8.4 –Sostituzione corpi illuminanti

Potenza [W]	Tipologia	Corrispondenza LED [W]
1X18	Fluo T8	1X9
1X36	Fluo T8	1X22
1X58	Fluo T8	1X28
2X36	Fluo T8	32

In particolare per le plafoniere con lampade a fluorescenza 1x18W, 1x36W e 1x58W è stata prevista la sola sostituzione delle lampade, mentre per la tipologia 2x36W è prevista la sostituzione completa di plafoniera e lampada.

Descrizione dei lavori

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

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

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.4.

Con l'intervento in oggetto si riesce a ridurre più del 50% la potenza installata per l'illuminazione interna dell'edificio, riducendo così di circa il 17% il consumo di energia elettrica totale.

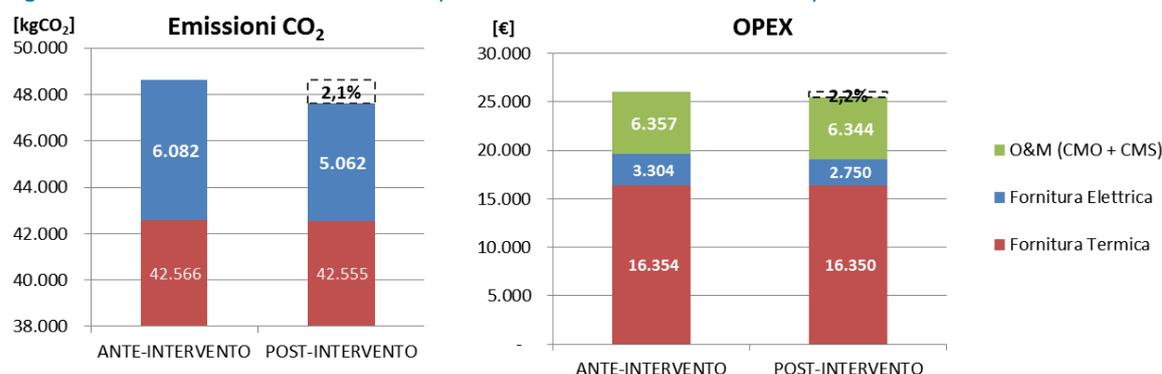
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti interni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 Potenza elettrica installata per l'illuminazione	[kW]	5,386	2,62	51,4%
Q _{teorico}	[kWh]	207.415	207.359	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	12.946	10.775	16,8%
Q _{baseline}	[kWh]	210.725	210.668	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	13.023	10.839	16,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	42.566	42.555	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.082	5.062	16,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.648	47.617	2,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.354	16.350	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.304	2.750	16,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.658	19.100	2,8%
C _{MO}	[€]	5.721	5.721	0,0%
C _{MS}	[€]	636	623	2,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.357	6.344	0,2%
OPEX	[€]	26.015	25.444	2,2%
Classe energetica	[-]	F	G	-1 classe

Nota (1). 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

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.4 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM5: Installazione pompa di calore

Generalità

La misura prevede l'installazione di un nuovo generatore per l'impianto di climatizzazione invernale, costituito da una pompa di calore aria-acqua, al fine di separare il circuito della scuola dal circuito del condominio. La soluzione di distacco da impianto centralizzato da parte di un condomino, deve comunque seguire una valutazione specifica, così come definito nel DM 26/06/2015, compresa una diagnosi energetica dedicata, relativa all'intero sistema edificio-impianto e non soltanto ai locali analizzati nel presente documento.

L'utilizzo di questo tipo di generatore di calore consente di eliminare il consumo di gas metano, con vantaggi sulle emissioni di anidride carbonica. Inoltre tale tipologia di macchine, se affiancate a un adeguato sistema di emissione, può essere utilizzata per la climatizzazione estiva degli ambienti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La pompa di calore installata dovrà essere in grado di soddisfare il fabbisogno invernale di energia termica. In particolare si prevede l'installazione di 4 pompe di calore in cascata con potenza termica in riscaldamento pari a 42,31 kW ciascuna e COP pari a 3,49, riferito alle temperature delle sorgenti fredda e calda della macchina di 7-45°C.

Attualmente i terminali di emissione presenti sono costituiti da radiatori in metallo, dimensionati su livelli elevati di temperatura. Al fine di sfruttare completamente le caratteristiche della pompa di calore si prevede di intervenire anche sull'impianto di emissione, sostituendo i radiatori presenti con dei pannelli radianti annessi a pavimento, i quali funzionano in generale con temperature inferiori ai 45°C. Tale tipologia di impianto permette di aumentare il comfort termico dei locali climatizzati e di effettuare una regolazione più fine sull'impianto. Inoltre è preferibile rispetto ai ventilconvettori, altri terminali funzionanti a basse temperature, in quanto questi ultimi ricircolano l'aria ambiente, aumentando la probabilità di diffondere nei locali polveri e microorganismi portatori di malattie virali. L'installazione della pompa di calore unitamente ai pannelli radianti deve essere accompagnata con l'implementazione di un buon sistema di regolazione a livello di singolo locale, al fine di raggiungere buoni risultati in termini energetici. Non è stata presentata la sola misura di installazione della pompa di calore senza la sostituzione dei terminali in quanto ha poco senso l'utilizzo di una macchina di questo tipo operante con temperature di mandata dell'acqua superiore ai 60°C. In particolare, per la simulazione energetica è stata valutata una temperatura di mandata dell'acqua di riscaldamento pari a 35°C.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato.

Le pompe di calore possono essere installate all'aperto, nel giardino circostante la scuola, prevedendo se necessaria un'adeguata insonorizzazione mediante barriere acustiche.

Inoltre l'installazione dei pannelli radianti prevede

- la rimozione della finitura interna dei pavimenti e del relativo sottofondo
- la posa di uno strato isolante in polistirene
- la posa di una striscia perimetrale in tutti i locali
- la posa delle serpentine e dei relativi collettori
- la posa del massetto di annegamento, previo test di tenuta dei circuiti
- il ripristino della pavimentazione

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.6 e nella Figura 8.5.

Con l'intervento in oggetto si riesce a lavorare con COP di circa 4,2, considerando di mantenere le temperature di mandata sui 35°C. In tabella il rendimento di generazione post-intervento fa riferimento proprio al COP di funzionamento delle pompe di calore, nonostante non sia un parametro

confrontabile con il rendimento di generazione della caldaia a gas naturale attualmente utilizzata per il riscaldamento. Valutando la spesa globale per la fornitura di energia si osserva come ci sia una riduzione sostanziale, superiore al 30%. Inoltre si considera una riduzione nelle spese di manutenzione, in particolar modo per quello che riguarda la manutenzione ordinaria, in quanto la pompa di calore non necessita di interventi annuali relativi al controllo della combustione.

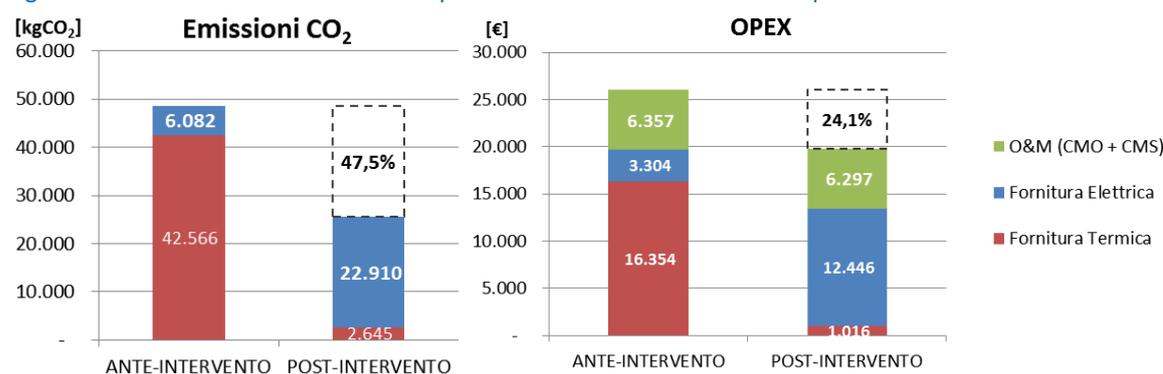
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – Installazione pompa di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 Rendimento di generazione	[%]	89,6	419,9	-368,6%
Q _{teorico}	[kWh]	207.415	12.888	93,8%
E _{teorico}	[kWh]	12.946	48.767	-276,7%
Q _{baseline}	[kWh]	210.725	13.094	93,8%
E _{baseline}	[kWh]	13.023	49.057	-276,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	42.566	2.645	93,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.082	22.910	-276,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.648	25.555	47,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.354	1.016	93,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.304	12.446	-276,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.658	13.462	31,5%
C _{MO}	[€]	5.721	5.664	1,0%
C _{MS}	[€]	636	633	0,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.357	6.297	1,0%
OPEX	[€]	26.015	19.758	24,1%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1). 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

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.5 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Coibentazione delle pareti verticali dall'interno

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione delle pareti verticali dall'interno.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale inferiore ai 400000 €, il costo unitario inferiore ai 80 €/mq e la trasmittanza inferiore a 0,299 W/mq/K.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione delle pareti verticali dall'interno

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(%)	(IVA INCLUSA)
					[€/m ²]	[€]	[%]	[€]
1C.06.550.031 0.f	Controparete termoisolante e fonoassorbente realizzata con lastre in gesso rivestito a bordi assottigliati, spessore 12,50 mm, incollate a pannelli di lana di vetro, negli spessori mm: - spessore 12,50 + 80 mm di lana di vetro	Prezzario Milano	1080	m ²	€ 13,45	€ 40.352,73	22%	€ 49.230,33
1C.10.250.002 0.a	Isolamento termico e acustico di intercapedini perimetrali, realizzato con pannelli autoportanti in lana di vetro idrorepellente. Negli spessori e tipi: 40 mm, conduttività termica W/mK 0,035	Prezzario Milano	1080	m ²	€ 11,54	€ 7.186,91	22%	€ 8.768,03
20.A90.B20.01 0	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	1080	m ²	€ 1,07	€ 6.823,64	22%	€ 8.324,84
95.B10.S20.02 0	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	25,1	m ²	€ 12,39	€ 542,84	22%	€ 662,27
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.647,18	22%	€ 2.009,56
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 3.843,43	22%	€ 4.688,98
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 60.396,73	22%	€ 73.684,01
Incentivi		Conto termico				€ 29.473,60		
Durata incentivi						5		
Incentivo annuo						€ 5.894,72		

EEM2: Coibentazione dall'interno dei pavimenti verso non climatizzato

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione dall'interno dei pavimenti verso locali non climatizzati.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale inferiore ai 400000 €, il costo unitario inferiore ai 100 €/mq e la trasmittanza inferiore a 0,322 W/mq/K.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Coibentazione dall'interno dei pavimenti verso non climatizzato

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(%)	(IVA INCLUSA)
					[€/m ²]	[€]	[%]	[€]
25.A05.B20.01 0	Demolizione di rivestimenti in piastrelle posate a colla inclusa rimozione della colla	Prezzario Liguria	1004	m ²	€ 13,45	€ 13.508,36	22%	€ 16.480,20
1C.10.200.006 0.a	Isolamento termico di locali su zone non riscaldate, realizzato all'intradosso dei solai (cappotto orizzontale), con pannelli in lana di vetro ad alta densità, Negli spessori: 40 mm	Prezzario Milano	1004	m ²	€ 11,54	€ 11.582,51	22%	€ 14.130,66
1C.10.200.006 0.b	per ogni 10 mm in più	Prezzario Milano	6024	m ² x cm	€ 1,07	€ 6.462,11	22%	€ 7.883,77
1C.08.050.002 0	Massetto per pavimento in ceramica, gres, marmi sottili prefiniti e simili	Prezzario Milano	1004	m ²	€ 12,39	€ 12.440,47	22%	€ 15.177,38
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.319,80	22%	€ 1.610,16
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 3.079,54	22%	€ 3.757,04
TOTALE (I₀ – EEM2)						€ 48.392,80	22%	€ 59.039,22
Incentivi		Conto termico				€ 23.615,69		
Durata incentivi						5		
Incentivo annuo						€ 4.723,14		

EEM3: Installazione scaldacqua a condensazione

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione scaldacqua a condensazione.

La realizzazione di tale intervento non consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, in quanto non è prevista la sostituzione del generatore di calore attualmente presente.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione scaldacqua a condensazione

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/h] o [€/cad]	[€]	[%]	[€]
1M.11.090.003 0.h	Scaldabagni a gas a camera stagna: - a basamento con accensione elettronica da 400 l, completo di protezioni e sicurezze	Prezzario Milano	1	cad	€ 2.056,56	€ 2.056,56	22%	€ 2.509,01
1M.11.090.003 0.i	- completamento: kit completo raccordi di tiraggio forzato 200÷300÷400 l, tipo coassiale orizzontale da 1 m	Prezzario Milano	1	cad	€ 79,54	€ 79,54	22%	€ 97,03
PR.C50.B20.03 5	Vasi di espansione per impianti sanitari a membrana, omologati, pressione 10 bar del tipo acciaio verniciato, acciaio verniciato, capacità 24 litri	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 31,91	€ 31,91	22%	€ 38,93
18LG.RU.M01. E01.020	Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	16	h	€ 22,73	€ 363,64	22%	€ 443,64
RU.M01.A01.0 30	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	16	h	€ 31,28	€ 500,51	22%	€ 610,62
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 90,96	22%	€ 110,98
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 212,25	22%	€ 258,95
TOTALE (I₀ – EEM3)						€ 3.335,37	22%	€ 4.069,15
Incentivi								€ 0,00
Durata incentivi								-
Incentivo annuo								€ 0,00

EEM4: Sostituzione corpi illuminanti interni

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM4, che consiste nella Sostituzione corpi illuminanti interni.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo dell'investimento iniziale inferiore ai 70000 €, il costo unitario inferiore ai 35 €/mq e la nuova potenza installata inferiore al 50% di quella dello stato di fatto.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti interni

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/cad]	[€]	[%]	[€]
1E.06.060.0210.a	Lampade a led a tubo Lunghezza 600 mm	Prezzario Milano	20	cad	€ 21,46	€ 429,27	22%	€ 523,71

1E.06.060.0210.c	Lampade a led a tubo Lunghezza 1200 mm	Prezzario Milano	34	cad	€ 31,54	€ 1.072,24	22%	€ 1.308,13
1E.06.060.0210.d	Lampade a led a tubo Lunghezza 1500 mm	Prezzario Milano	1	cad	€ 41,21	€ 41,21	22%	€ 50,28
1E.06.060.0140.e	Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto, o a sospensione. Bilampada led - lunghezza 1300 mm	Prezzario Milano	52	cad	€ 141,55	€ 7.360,84	22%	€ 8.980,22
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 267,11	22%	€ 325,87
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 623,25	22%	€ 760,36
TOTALE (I₀ – EEM4)						€ 9.793,91	22%	€ 11.948,57
Incentivi		Conto termico						€ 4.779,43
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 955,89

EEM5: Installazione pompa di calore

Nella Tabella 9.5 Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM5, che consiste nell'installazione di una pompa di calore e di pannelli radianti a pavimento.

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, in quanto non è prevista la sostituzione del generatore di calore.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione pompa di calore

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/cad] o [€/mq]	[€]	[%]	[€]
1M.02.050.0010. b	Pompe di calore condensate ad aria oltre 35 fino a 42 kWf - oltre 42 fino a 48 kWt - n ° 2	Prezzario Milano	4	cad	€ 9.556,36	€ 38.225,45	22%	€ 46.635,05
1M.10.060.0010. a	Sistemi radianti annegati a pavimento	Prezzario Milano	1004	mq	€ 35,55	€ 35.696,76	22%	€ 43.550,05
1E.12.060.0020	Termostato con display per controllo temperatura ambiente	Prezzario Milano	11	cad	€ 93,18	€ 1.025,00	22%	€ 1.250,50
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 2.248,42	22%	€ 2.743,07
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 5.246,31	22%	€ 6.400,49
TOTALE (I₀ – EEM4)						€ 82.441,94	22%	€ 100.579,17
Incentivi								€ 0,00
Durata incentivi								-
Incentivo annuo								€ 0,00

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Coibentazione delle pareti verticali dall'interno

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1 – Coibentazione delle pareti verticali dall'interno

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	73.684
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	5.895
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	14,8	8,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	22,6	11,8
Valore attuale netto	VAN	12.438	38.680
Tasso interno di rendimento	TIR	5,4%	9,5%
Indice di profitto	IP	0,17	0,52

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

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

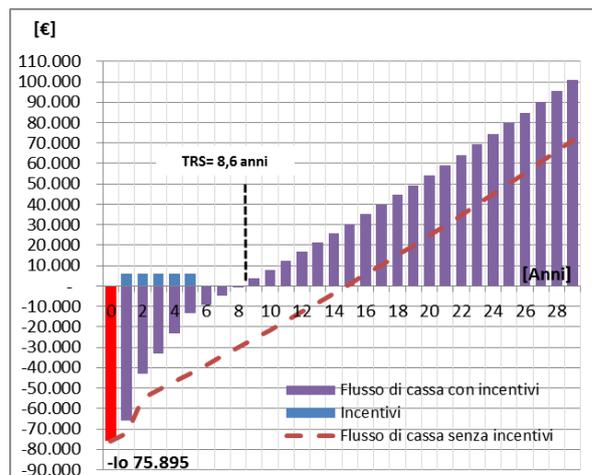
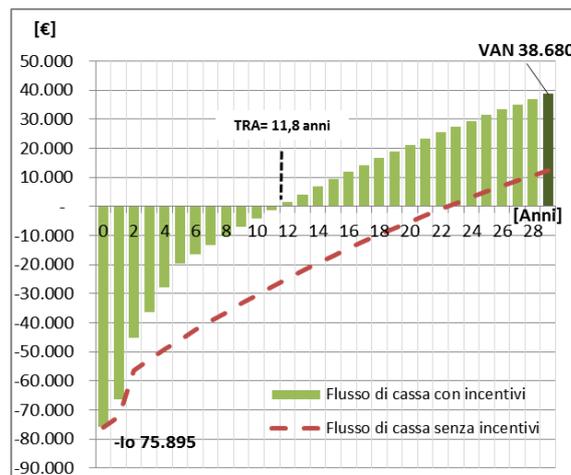


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata l’intervento risulta piuttosto vantaggioso: si ha infatti un tempo di ritorno attualizzato inferiore ai 12 anni e un VAN ai 30 anni di oltre 38000€ nel caso di accesso agli incentivi. Il tempo di ritorno attualizzato continua ad essere inferiore alla vita utile della coibentazione anche nel caso di assenza degli incentivi da Conto Termico.

EEM2: Coibentazione dall’interno dei pavimenti verso non climatizzato

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2 – Coibentazione dall’interno dei pavimenti verso non climatizzato

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	59.039
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	4.723
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	20,2	11,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	34,4	17,8
Valore attuale netto	VAN	- 7.713	13.314
Tasso interno di rendimento	TIR	2,8%	6,6%
Indice di profitto	IP	-0,13	0,23

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

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

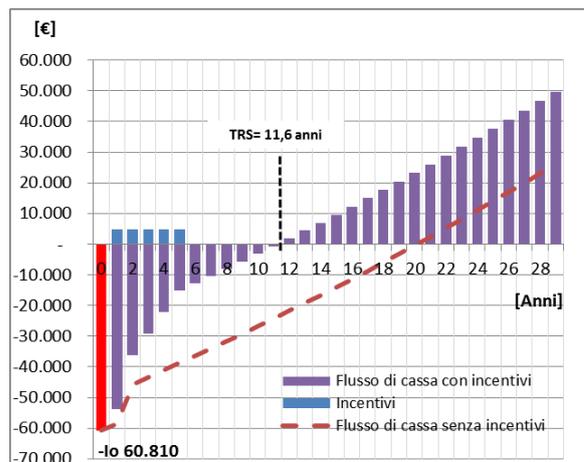
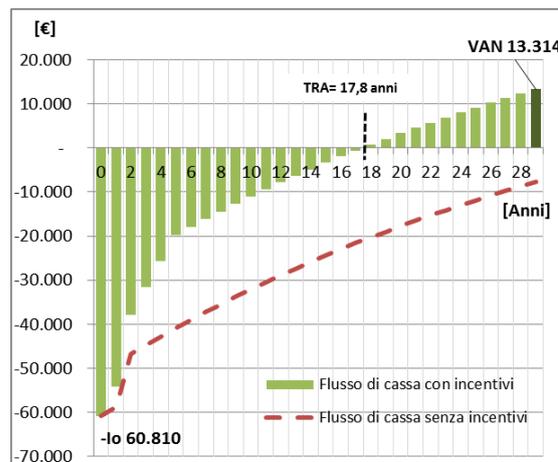


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



L'intervento di coibentazione dei pavimenti appare vantaggioso, a seguito dell'analisi effettuata, solamente nel caso di accesso agli incentivi, ottenendo un tempo di ritorno attualizzato inferiore ai 18 anni con un VAN positivo oltre i 13000 €. Senza incentivo da Conto Termico il tempo di ritorno supera la vita utile dell'intervento.

EEM3: Installazione scaldacqua a condensazione

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – Installazione scaldacqua a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	4.069
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	11,5	11,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	16,1	16,1
Valore attuale netto	VAN	- 292	- 292
Tasso interno di rendimento	TIR	2,8%	2,8%
Indice di profitto	IP	-0,07	-0,07

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

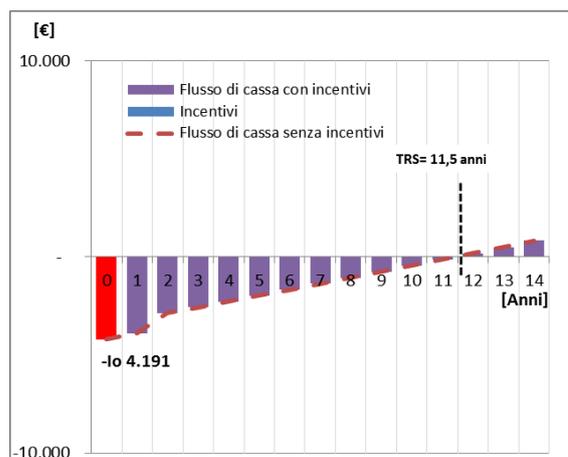
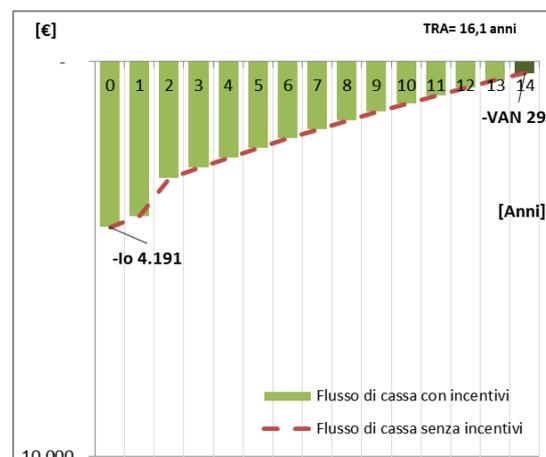


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



L'installazione di uno scaldacqua a condensazione non risulta particolarmente vantaggiosa dall'analisi effettuata, visto che il tempo di ritorno attualizzato supera, seppur di poco la vita utile dell'impianto. In effetti l'impossibilità di accesso agli incentivi non permette un rientro dell'investimento entro tempi utili. Il VAN a 30 anni è infatti negativo ma il suo valore è inferiore ai 300€, posizionando questa misura al limite della fattibilità economica.

EEM4: Sostituzione corpi illuminanti interni

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti interni

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	11.949
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	956
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	19,8	10,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	25,1	15,9
Valore attuale netto	VAN	- 4.945	- 690
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,0%	2,7%
Indice di profitto	IP	-0,41	-0,06

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

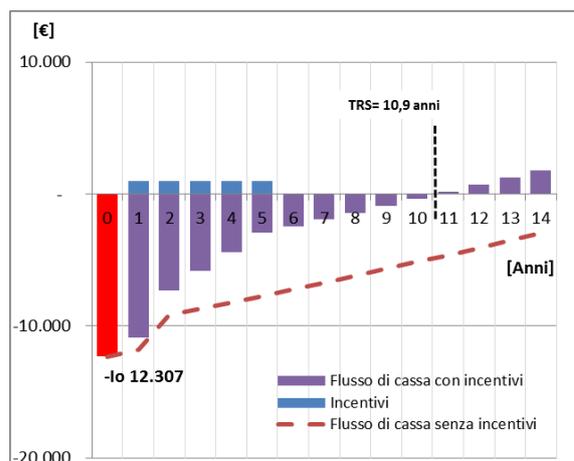
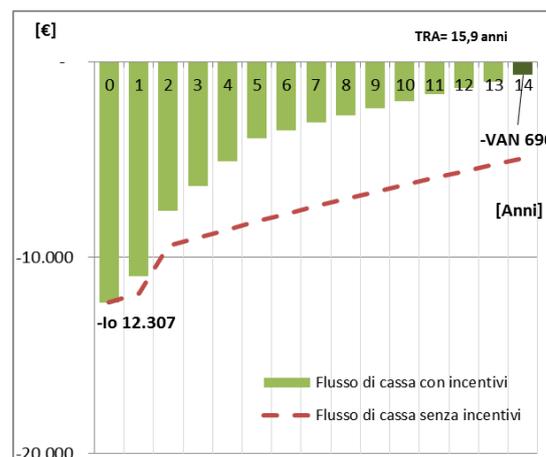


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno semplice dell’intervento con incentivi è di circa 11 anni, su un tempo di vita dell’intervento stimato essere di 15 anni. Il tempo di ritorno attualizzato risulta di poco superiore al tempo di vita dell’intervento nel caso di accesso all’incentivo previsto, rendendo anche in questo caso l’intervento al limite della fattibilità economica.

EEM5: Installazione pompa di calore

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 pompa di calore

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	100.579
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	25
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	15,2	15,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	23,5	23,5
Valore attuale netto	VAN	2.222	2.222
Tasso interno di rendimento	TIR	4,2%	4,2%
Indice di profitto	IP	0,02	0,02

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

Figura 9.9 – EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

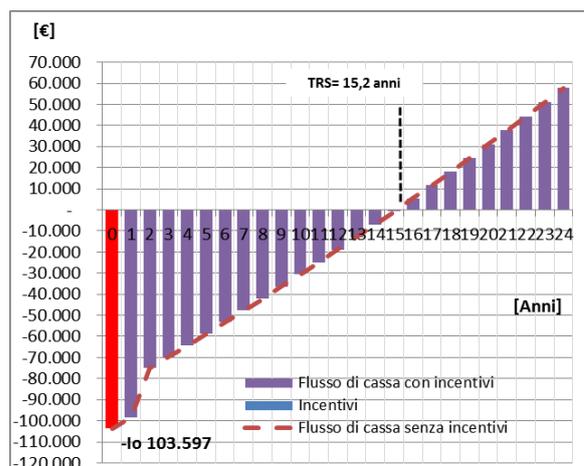
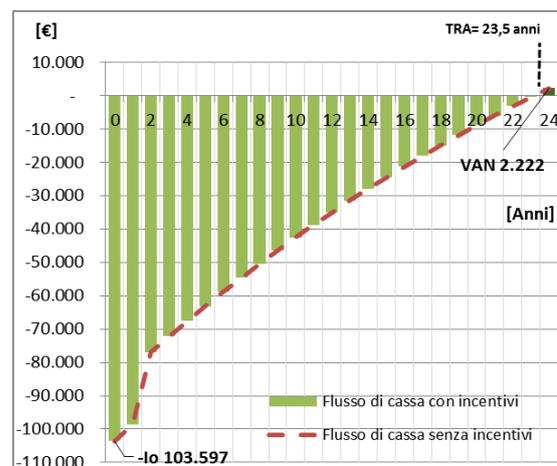


Figura 9.10 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata si evince come l'intervento risulti vantaggioso nonostante l'impossibilità di accedere agli incentivi del Conto Termico, infatti si calcola un tempo di ritorno attualizzato inferiore ai 24 anni con un VAN positivo di poco superiore ai 2000 €. I notevoli risparmi energetici e quindi economici favoriscono il rientro del capitale investito all'interno della vita utile stimata per l'impianto proposto. A tal proposito si consideri che è stata scelta una vita utile che fosse un compromesso fra quella di una pompa di calore e quella di un sistema a pannelli radianti a pavimento, i cui valori tipici sono rispettivamente 15 e 50 anni. La scelta di 25 anni risulta comunque conservativa visto che il peso delle due voci di costo è molto simile, mentre la vita utile usata per le analisi è molto più vicina a quella tipica delle pompe di calore. La valutazione della fattibilità economica dell'intervento risulta quindi positiva.

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_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	27,0%	25,1%	4.692	0	0	73.684	14,8	22,6	30	12.438	5,4%	0,17
EEM 2	15,4%	14,3%	2.669	0	0	59.039	20,2	34,4	30	-7.713	2,8%	-0,13
EEM 3	0,5%	0,4%	64	286	6	4.069	11,5	16,1	15	-292	2,8%	-0,07
EEM 4	1,0%	2,1%	559	0	13	11.949	19,8	25,1	15	-4.945	-4,0%	-0,41
EEM 5	72,2%	47,5%	6.197	57	3	100.579	15,2	23,5	25	2.222	4,2%	0,02

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔC_E è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔC_{MO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- ΔC_{MS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall’analisi dei risultati emerge che sono le EEM1 e EEM5 le azioni più vantaggiose per l’efficientamento dell’edificio, sia in termini energetici che in termini economici, avendo una valutazione positiva su tutti i parametri economici calcolati, nonostante abbiano anche i pesi maggiori per quanto concerne i capitali iniziali investiti.

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

	CON INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% Δ_{CO2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	27,0%	25,1%	4.692	0	0	73.684	8,6	11,8	30	38.680	9,5%	0,52
EEM 2	15,4%	14,3%	2.669	0	0	59.039	11,6	17,8	30	13.314	6,6%	0,23
EEM 3	0,5%	0,4%	64	286	6	4.069	11,5	16,1	15	-292	2,8%	-0,07
EEM 4	1,0%	2,1%	559	0	13	11.949	10,9	15,9	15	-690	2,7%	-0,06
EEM 5	72,2%	47,5%	6.197	57	3	100.579	15,2	23,5	25	2.222	4,2%	0,02

L’analisi conferma la valutazioni del caso senza incentivi, aggiungendo la EEM2 fra le azioni vantaggiose dal punto di vista economico. Si noti comunque che per tutte e 5 le misure valutate si ha un tasso interno di rendimento positivo.

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

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

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

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

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

Il 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:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: EEM1+EEM4:** Tale scenario consiste nella realizzazione di una coibentazione dall’interno delle pareti verticali disperdenti verso l’esterno e verso locali non climatizzati e della sostituzione dei corpi illuminanti interni della scuola.
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5:** Tale scenario consiste nella realizzazione di una coibentazione dall’interno delle pareti verticali disperdenti verso l’esterno e verso locali non climatizzati, di una coibentazione dei pavimenti disperdenti verso locali non climatizzati, dell’installazione di uno scaldacqua a gas a condensazione, della sostituzione dei corpi illuminanti interni della scuola e dell’installazione di una pompa di calore per la climatizzazione invernale abbinata alla posa di pannelli radianti a pavimento.

9.3.1 Scenario 1: EEM1+EEM4

La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM1 e EEM2, ossia di una coibentazione dall’interno delle pareti verticali disperdenti verso l’esterno e verso locali non climatizzati e della sostituzione dei corpi illuminanti interni della scuola.

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 - Fornitura e posa coibentazione pareti verticali	€ 54.906,12	€ 12.079,35	€ 66.985,46
EEM4 – Fornitura e posa lampade a led	€ 8.903,55	€ 1.958,78	€ 10.862,34
Costi per la sicurezza	€ 1.914,29	€ 421,14	€ 2.335,43
Costi per la progettazione	€ 4.466,68	€ 982,67	€ 5.449,35
TOTALE (I₀)	€ 70.190,64	€ 15.441,94	€ 85.632,58
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	€ 5.721,22	€ 635,69	€ 6.356,91
EEM4 O&M	€ 5.721,22	€ 622,98	€ 6.344,20
TOTALE (C_M)	€ 5.721,22	€ 622,98	€ 6.344,20
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico		€ 34.253,03

Durata incentivi

5

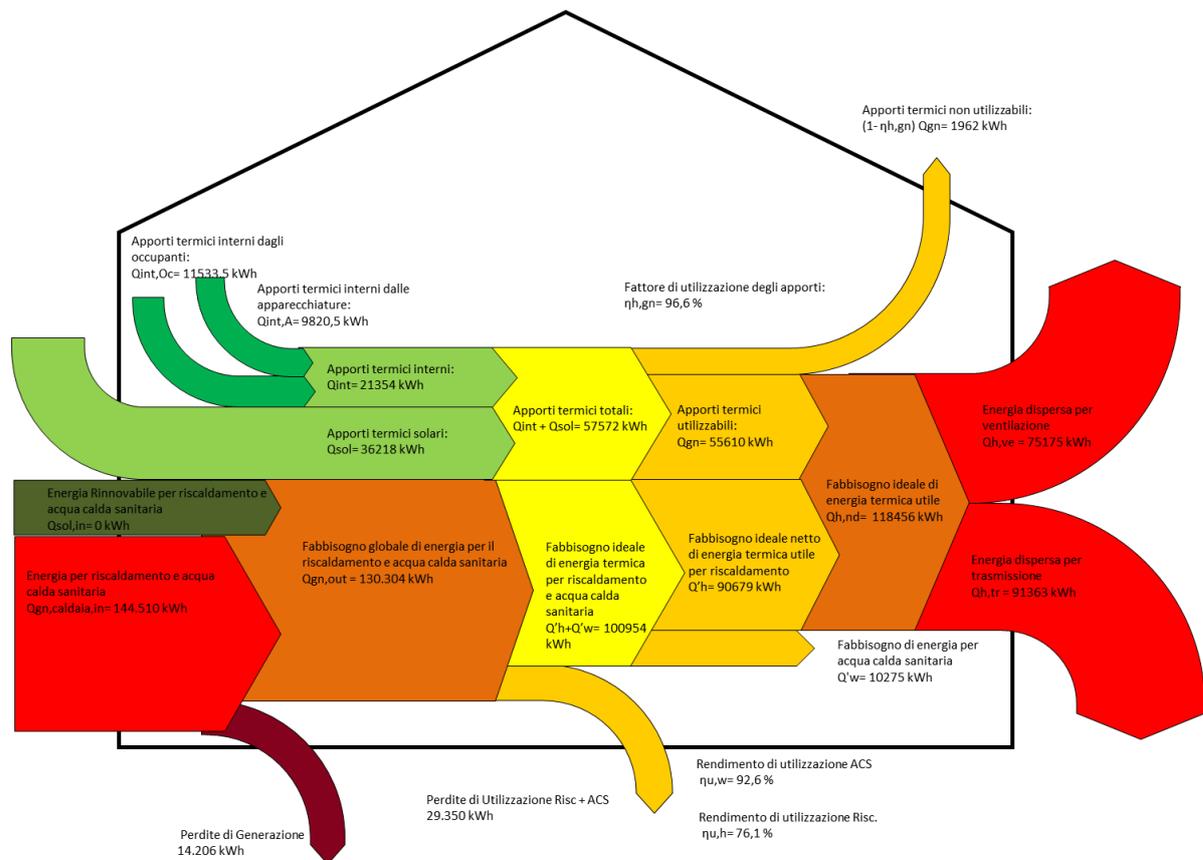
Incentivo annuo

€ 6.850,61

L'incentivo per lo scenario è stato calcolato come somma aritmetica degli incentivi dei singoli interventi descritti in precedenza.

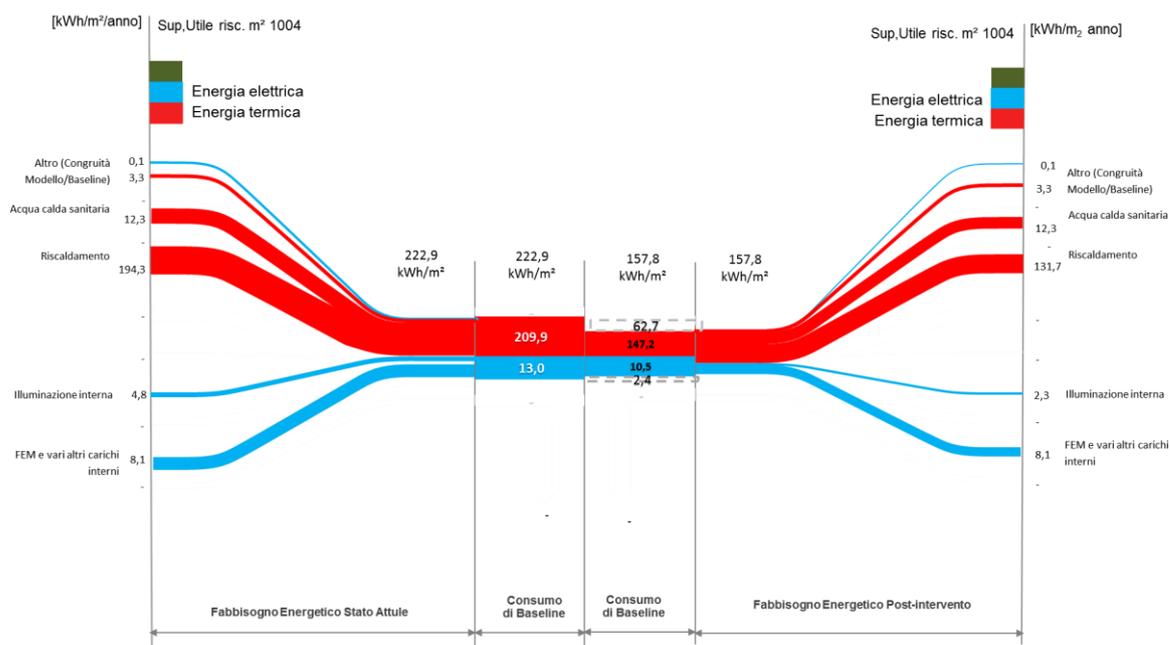
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare come sia dimezzato il fabbisogno di energia termica utile dell'edificio rispetto allo stato di fatto, grazie all'intervento di coibentazione delle pareti verticali disperdenti.

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



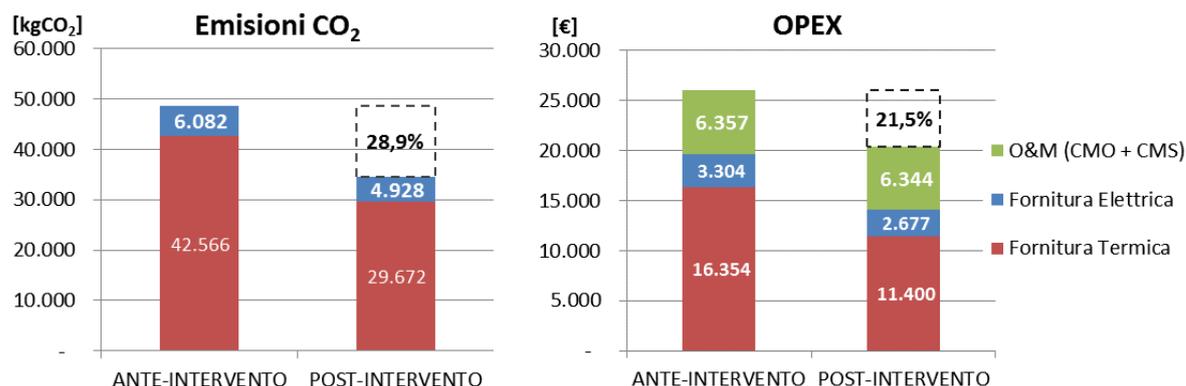
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – EEM1+EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza termica media pareti verticali oggetto di intervento	[W/m²K]	2,165	0,25	88,5%
EEM4 Potenza elettrica installata per l’illuminazione	[kW]	5,386	2,62	51,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	207.415	144.586	30,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	12.946	10.491	19,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	210.725	146.893	30,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	13.023	10.553	19,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	42.566	29.672	30,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.082	4.928	19,0%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	48.648	34.601	28,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	16.354	11.400	30,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.304	2.677	19,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.658	14.078	28,4%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	5.721	5.721	0,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	636	623	2,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	6.357	6.344	0,2%
OPEX	[€]	26.015	20.422	21,5%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

Nota (1). 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

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.13 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1 – EEM1+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	5
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 85.633
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.569
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 88.202
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 70.562
Equity	I_E	€ 17.640
Fattore di annualità Debito	FA_D	4,55
Rata annua debito	q_D	€ 15.524
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 77.622
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 7.060

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 16.113
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 5.211
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 21.324
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	28,4%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,2%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 3.290
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 32.394
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 5.488
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	0,55%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 35
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 504
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 2.750
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 5.399
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 12.635
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 18.034
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 3.290
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 21.324
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 15.442
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 34.253
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC , Anni	T.R.S.	11,75
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	21,65
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 8.090
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC	1,77%
Indice di Profitto	IP	-9,45%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC , Anni	T.R.S.	14,77
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	33,89
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 11.908
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR < ke	0,22%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,779
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,364
Indice di Profitto Azionista	IP	-13,91%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



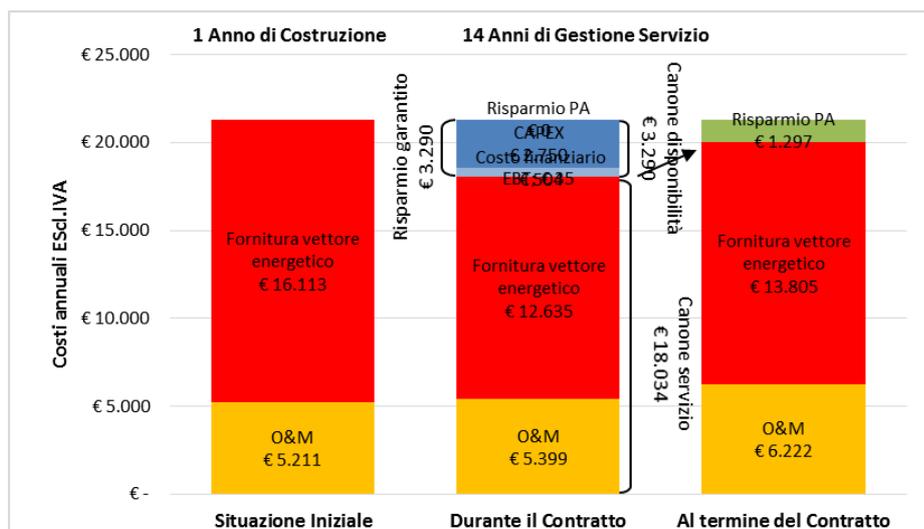
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



L’analisi economica finanziaria ha evidenziato delle criticità legate al progetto di efficientamento proposto nello scenario 1, nonostante sia composto da azioni migliorative singole le cui caratteristiche sembravano positive dalle valutazioni effettuate in precedenza. Sebbene si abbia un tempo di ritorno semplice inferiore ai 15 anni, il progetto non riesce ad avere un valore attuale netto positivo.

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

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



Nota (1). Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: 0 €; CAPEX: 2750 €; Costo finanziario: 504 €; EBT: 35 €;

9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5

La realizzazione dello scenario 2 (TRS<25anni) consiste nella combinazione delle EEM1, EEM2, EEM3, EEM4 e EEM5, ossia di una coibentazione dall'interno delle pareti verticali disperdenti verso l'esterno e verso locali non climatizzati, di una coibentazione dei pavimenti disperdenti verso locali non climatizzati, dell'installazione di uno scaldacqua a gas a condensazione, della sostituzione dei corpi illuminanti interni della scuola e dell'installazione di una pompa di calore per la climatizzazione invernale abbinata alla posa di pannelli radianti a pavimento.

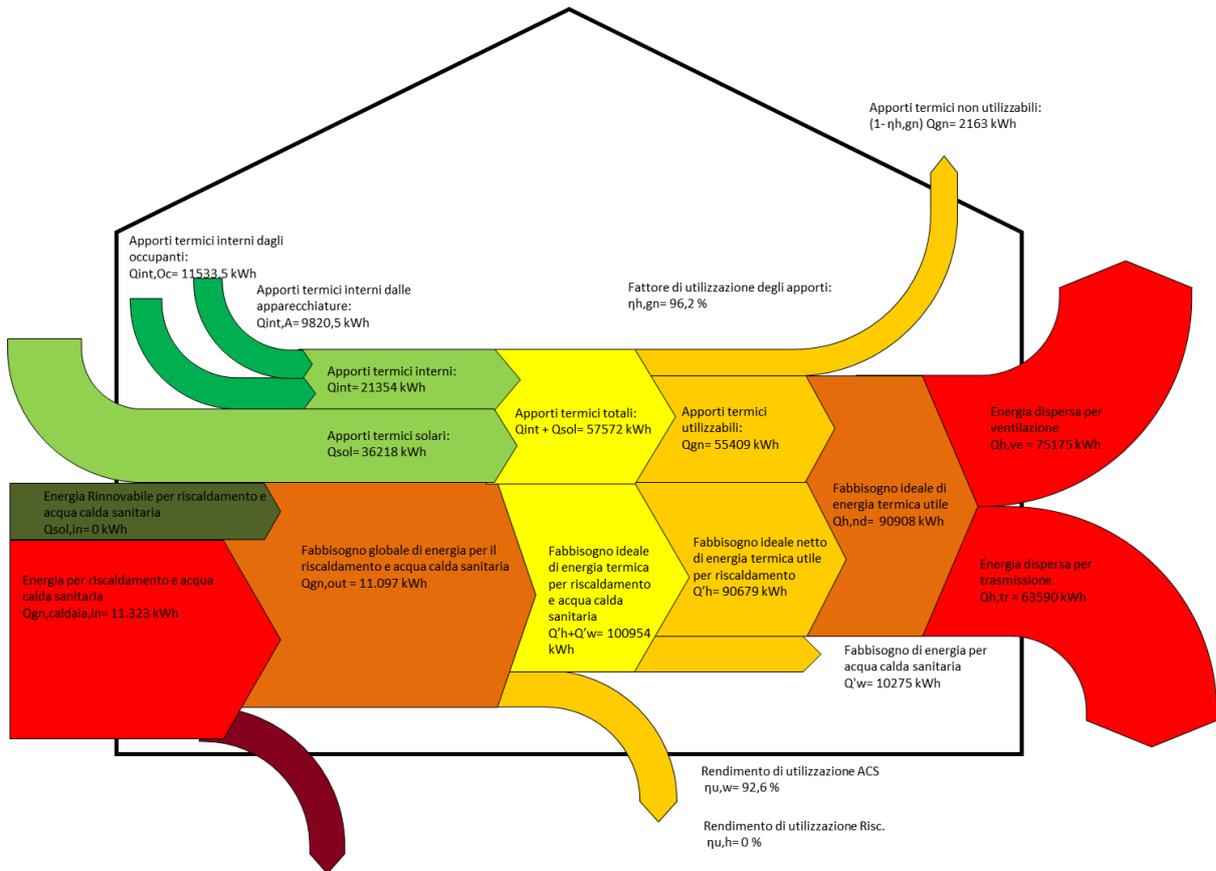
Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 - Fornitura e posa coibentazione pareti verticali	€ 54.906,12	€ 12.079,35	€ 66.985,46
EEM2 – Fornitura e posa coibentazione pavimento	€ 43.993,45	€ 9.678,56	€ 53.672,01
EEM3 – Fornitura e posa bollitore per ACS a condensazione	€ 3.032,15	€ 667,07	€ 3.699,23
EEM4 – Fornitura e posa lampade a led	€ 8.903,55	€ 1.958,78	€ 10.862,34
EEM5 – Fornitura e posa pompa di calore e pavimento radiante	€ 74.947,22	€ 16.488,39	€ 91.435,61
Costi per la sicurezza	€ 5.573,47	€ 1.226,16	€ 6.799,64
Costi per la progettazione	€ 13.004,77	€ 2.861,05	€ 15.865,83
TOTALE (I₀)	€ 204.360,75	€ 44.959,36	€ 249.320,11
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	€ 5.721,22	€ 635,69	€ 6.356,91
EEM2 O&M	€ 5.721,22	€ 635,69	€ 6.356,91
EEM3 O&M	€ 5.435,16	€ 629,33	€ 6.064,49
EEM4 O&M	€ 5.721,22	€ 622,98	€ 6.344,20
EEM5 O&M	€ 5.664,01	€ 632,51	€ 6.296,52
TOTALE (C_M)	€ 5.377,95	€ 613,44	€ 5.991,39
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico		€ 57.868,72
Durata incentivi			5
Incentivo annuo			€ 11.573,74

L'incentivo per lo scenario è stato calcolato come somma degli incentivi dei singoli interventi descritti in precedenza.

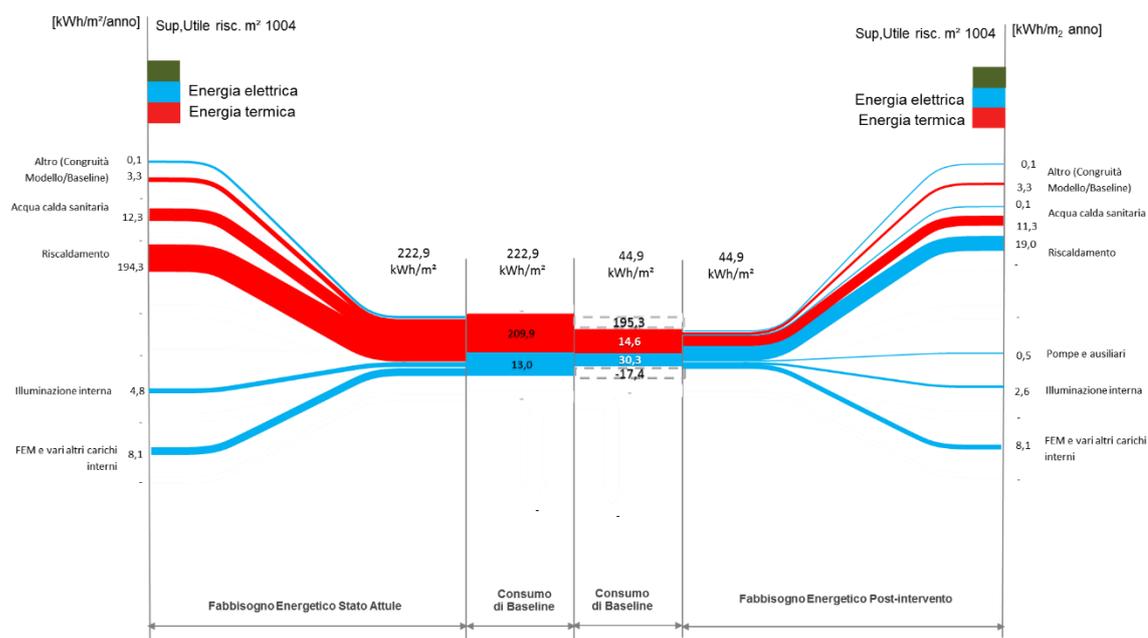
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che l'energia termica utile è dimezzata rispetto allo stato di fatto. Inoltre aumenta il rendimento di generazione per l'acqua calda sanitaria grazie all'utilizzo di un generatore a condensazione. Inoltre si sottolinea il fatto che non ci sono dati relativi ai consumi di combustibile per il riscaldamento in quanto servizio soddisfatto mediante pompa di calore.

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.

Dai risultati dell’analisi dello SCN2 si ha avuto un passaggio di 3 classi energetiche, dalla F alla C, grazie ad interventi migliorativi proposti sia sull’involucro sia sull’impianto di climatizzazione invernale.

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5

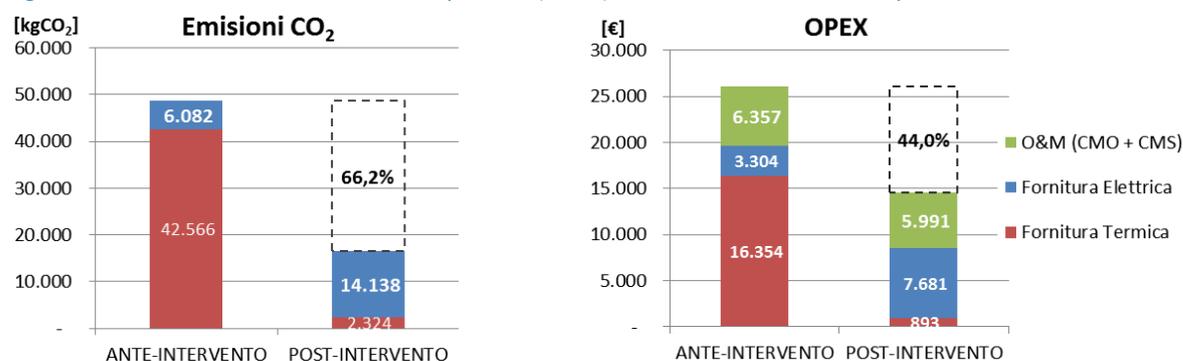
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza termica media pareti verticali oggetto di intervento	[W/m²K]	2,165	0,25	88,5%
EEM2 Trasmittanza media pavimento P1	[W/m²K]	1,63	0,288	82,3%
EEM3 Rendimento di generazione	[%]	89,6	98	-9,4%
EEM4 Potenza elettrica installata per l’illuminazione	[kW]	5,386	2,62	51,4%
EEM5 Rendimento di generazione	[%]	89,6	419,9	-368,6%
Q _{teorico}	[kWh]	207.415	11.323	94,5%
EE _{teorico}	[kWh]	12.946	30.096	-132,5%
Q _{baseline}	[kWh]	210.725	11.504	94,5%
EE _{baseline}	[kWh]	13.023	30.275	-132,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	42.566	2.324	94,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.082	14.138	-132,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.648	16.462	66,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.354	893	94,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.304	7.681	-132,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.658	8.574	56,4%
C _{MO}	[€]	5.721	5.378	6,0%
C _{MS}	[€]	636	613	3,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.357	5.991	5,8%

OPEX	[€]	26.015	14.565	44,0%
Classe energetica	[-]	F	A1	+5 classi

Nota (1). 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

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/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, Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5

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	8
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 249.320
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 7.480
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 256.800
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 205.440

Equity	I_E	€	51.360
Fattore di annualità Debito	FA_D		6,88
Rata annua debito	q_D	€	29.841
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	238.728
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	33.288

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	16.113
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	5.211
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	21.324
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		56,4%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		5,8%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	7.910
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	93.620
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	12.663
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		1,00%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	107
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.387
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	6.415
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	5.228
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	8.186
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	13.414
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	7.910
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	21.324
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	44.959
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	57.869
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		19,67
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		40,92
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€	39.941
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC		1,61%
Indice di Profitto	IP		-16,02%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		24,60
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		89,72
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€	52.594
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR < ke		0,18%

Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,735
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,205
Indice di Profitto Azionista	IP	-21,09%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

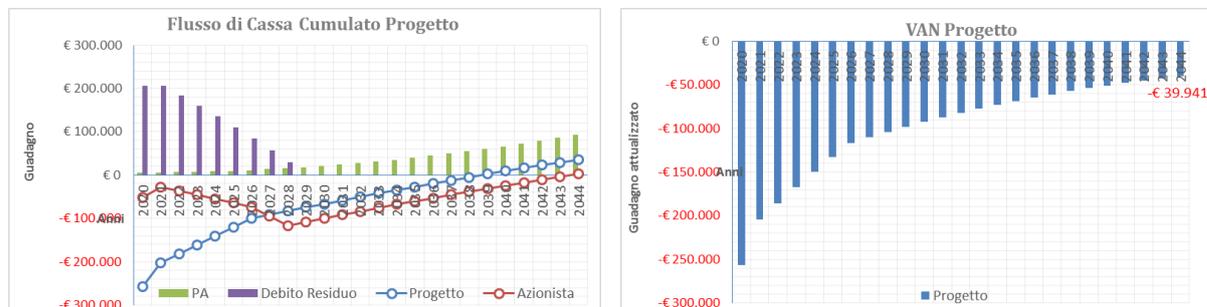


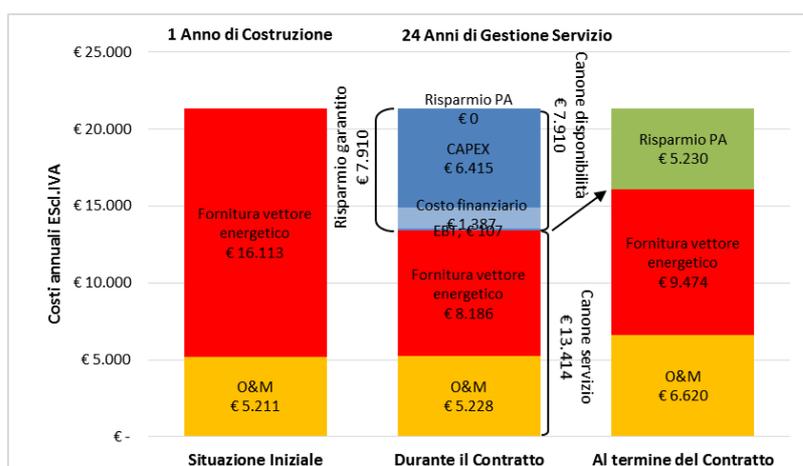
Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



L'analisi effettuata in questa sezione evidenzia come lo scenario composto dalle 5 misure di efficientamento riceva una valutazione negativa dal punto di vista economico-finanziario. Nonostante i notevoli risparmi energetici e monetari indotti dalle azioni di miglioramento (si noti che la riduzione della spesa per la fornitura dell'energia supera il 56%), il progetto non è sostenibile; infatti, sebbene il tempo di ritorno semplice sia di poco inferiore ai 20 anni, il VAN risulta fortemente negativo. Questo secondo scenario non risulta conveniente nemmeno per la ESCo, per la quale tutti i parametri economico-finanziari calcolati risultano non vantaggiosi. Inoltre il progetto risente sicuramente del mancato accesso agli incentivi su una parte cospicua dell'investimento iniziale legata alle EEM3 e EEM5.

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



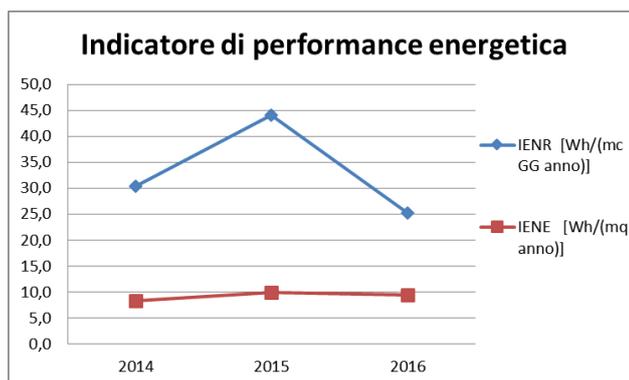
Nota (1). Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Costo finanziario: 1387 €; EBT: 107 €;

10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

Figura 10.1- Indicatori di performance energetica IEN



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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno		175,90
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	138,30	138,30
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	12,95	12,95
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	29,92	24,11
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,68	0,55
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	36,07	

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	109,76	105,27
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	73,16	73,16
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	13,47	13,47
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-

Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	22,42	18,06
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,70	0,57
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	20,9	

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	81,71	49,59
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	45,61	18,11
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	12,55	12,50
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	23,55	18,98
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,70	0,57
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	10,8	

Nelle tabelle precedenti si possono vedere in dettaglio i risultati sugli indicatori di prestazione energetica calcolati in modalità di funzionamento standard, che determinano il salto di 1 e 5 classi energetiche a seconda che venga attuato rispettivamente lo scenario 1 e lo scenario 2.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

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

- **Scenario 1: EEM1+EEM4:** Tale scenario consiste nella realizzazione di una coibentazione dall’interno delle pareti verticali disperdenti verso l’esterno e verso locali non climatizzati e della sostituzione dei corpi illuminanti interni della scuola.
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5:** Tale scenario consiste nella realizzazione di una coibentazione dall’interno delle pareti verticali disperdenti verso l’esterno e verso locali non climatizzati, di una coibentazione dei pavimenti disperdenti verso locali non climatizzati, dell’installazione di uno scaldacqua a gas a condensazione, della sostituzione dei corpi illuminanti interni della scuola e dell’installazione di una pompa di calore per la climatizzazione invernale abbinata alla posa di pannelli radianti a pavimento.

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

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

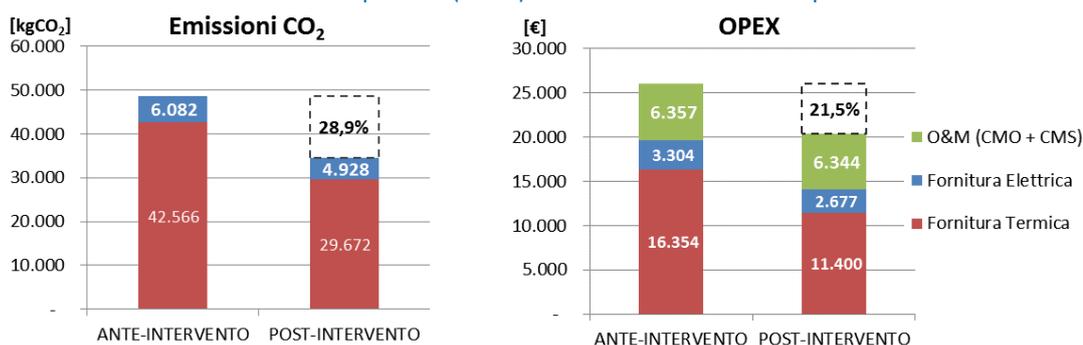
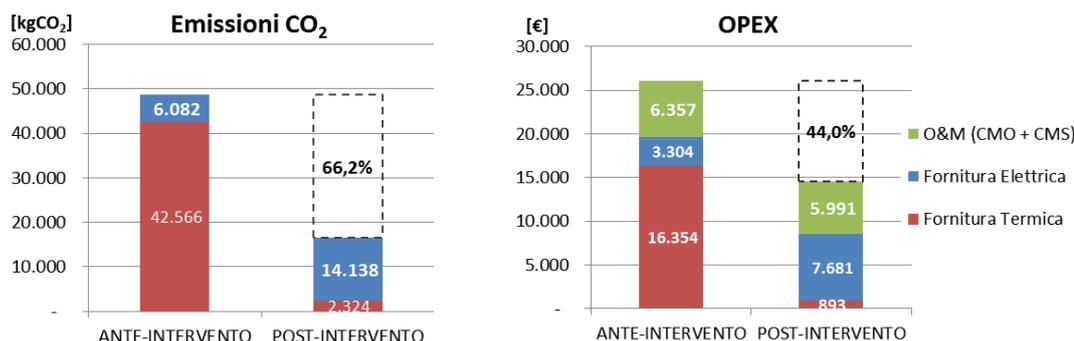


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull’edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque ottimi risultati sia in termini di emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l’energia. L’edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sull’involucro attualmente non coibentato e sul cambio di tecnologia per la climatizzazione.

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

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

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l’edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell’energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l’installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sul quadro elettrico generale; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l’installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, ecc.) consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell’energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura. Per la soluzione di misura dei fabbisogni esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

10.3 RACCOMANDAZIONI

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

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Apparecchiature elettriche	Spegnerle le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.	Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.
		<p>Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell'edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell'uscita del personale o programmare adeguatamente il temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l'alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all'interno dell'edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l'uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p>
Climatizzazione	<p>Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.</p> <p>Corretta regolazione delle centraline climatiche</p> <p>Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p>	<p>Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.</p> <p>Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche. Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter personalizzare gli orari di funzionamento e la temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.</p> <p>Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell'ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell'aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</p> <p>Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.</p> <p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.</p> <p>Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.</p>	<p>In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l'eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.</p> <p>L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno. Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.</p> <p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l'impianto termico 30-60 minuti prima dell'uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.</p>
<p>Formazione del personale</p>	<p>Eeguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.</p>	<p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
		Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.
Illuminazione	<p>Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.</p>

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in buone condizioni. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura l'unica particolare criticità emersa riguarda il funzionamento e la manutenzione delle valvole termostatiche già installate sui radiatori presenti, in quanto alcune non funzionanti, ad esempio a causa di batterie scariche, ed alcune guaste, perché sporgenti e facilmente danneggiabili dagli utenti. Non sono emerse ulteriori criticità relative all'impianto termico o all'involucro edilizio.

La struttura risale agli anni Settanta del secolo scorso e la ristrutturazione edilizia più evidente riguarda la sostituzione dei serramenti del Piano Terra.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni. Si consideri tuttavia che la definizione della baseline dei consumi, per quanto riguarda il gas naturale, deriva da una stima calcolata sulla base delle spese condominiali attribuite alla scuola e non da una vera e propria analisi dei consumi derivante dalla fatturazione. Tale scarsità di informazioni, in linea di principio, può ridurre l'accuratezza dei risultati ottenuti, nonostante siano state adottate le migliori azioni possibili per aumentare al massimo l'affidabilità.

E' stato possibile individuare un numero ridotto di misure di efficienza energetica, sia legate all'involucro che alla parte impiantistica. A proposito delle soluzioni proposte per quest'ultima parte, gli interventi costruiti sono volti al distacco dei sistemi della scuola dai sistemi centralizzati del condominio. Sarebbe stato infatti difficile individuare misure sugli impianti senza prevedere di renderli autonomi rispetto al resto della struttura; uno dei fattori determinanti è legato al buon grado di regolazione dell'impianto di emissione, grazie alla presenza delle valvole termostatiche e dei contacalorie installati sui terminali. Rendere l'impianto indipendente, sia per la climatizzazione tramite pompa di calore sia per l'acqua calda sanitaria tramite scaldacqua a condensazione, permette di ridurre la spesa energetica, eliminando dai costi di gestione alcune voci dipendenti esclusivamente dalle spese condominiali, oltre che ridurre i costi relativi alla fornitura vera e propria.

Nonostante gli scenari individuati forniscano degli ottimi risultati in termini energetico-ambientali e soddisfino il requisito sul tempo di ritorno semplice, la loro sostenibilità dal punto di vista finanziario risulta scarsa. In entrambi i casi i progetti non sono vantaggiosi considerando l'analisi effettuata. Per lo SCN 2 la causa principale riguarda l'impossibilità di accedere agli incentivi del Conto Termico per l'installazione dei generatori per la climatizzazione e la produzione di ACS, in quanto non si tratta di sostituzione di impianto.



ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Elenco documentazione fornita	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoA-Elenco documentazione fornita.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Pianta con posizione POD e PDR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoB-Pianta posizione POD e PDR.DWG
2	Pianta zone termiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoB-Pianta zone termiche.DWG
3	Fogli di calcolo grafici e tabelle	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx
4	Riepilogo fatture energia elettrica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoB-Riepilogo EE.xlsx
5	Riepilogo fatture gas naturale	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoB-Riepilogo GAS.xlsx
6	Modellazione energetica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoB-Modellazione.E0001
7	Schema a blocchi impianto elettrico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoB-Schema a blocchi elettrico.xlsx
8	Schema a blocchi impianto termico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoB-Schema a blocchi termico.xlsx
9	Calcolo consumi apparecchiature elettriche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoB-Apparecchiature elettriche.xlsx

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Report termografico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoC-Report termografico.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

	Titolo	Data	Nome file
1	Report indagini strumentali	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoD-Report strumentali.docx

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo energetico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoE-Relazione di calcolo.RTF

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
1	Certificato CTI software	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoF-CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	APE stato di fatto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoG-APE.RTF

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Bozza APE scenario 1	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoH-APE-SCN1.RTF
2	Bozza APE scenario 2	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoH-APE-SCN2.RTF

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
1	Dati climatici di riferimento	03/08/2018	GG_Lotto.1-E1683_revB.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	Check-list schede AICARR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoJ-Check list schede AICARR.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
1	A2.5 - Chiusure verticali opache coibentazione dall'interno con pannelli	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoK-A2.5.pdf
2	A3.3 - Partizioni orizzontali isolamento con pannelli	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoK-A3.3.pdf
3	H3 - Sostituzione di generatore con pompa di calore	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoK-H3.pdf
4	L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoK-L1.pdf
5	W5 - Installazione di un generatore di calore indipendente per la produzione di ACS	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoK-W5.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi Piano Economico-Finanziario	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoL-AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revB-AllegatoM-Benchmark.docx



ALLEGATO N – CD-ROM

