

ASILO NIDO “SAN DONATO”

E1858

Vico di Mezzagalera 3-5 e Vico San Donato 9-10 – 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

ASILO NIDO “SAN DONATO”

E1858

Vico di Mezzagalera 3-5 e Vico San Donato 9-10 – 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	05/07/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Prima pubblicazione
B	03/08/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Prima revisione

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

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

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL'EDIFICIO	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	6
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	6
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO 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	24
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	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>	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	32
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	36
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	36
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	37
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	38
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	38
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	42

7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	42
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	42
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	44
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	47
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	48
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	49
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	50
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	50
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	50
	EEM1: COIBENTAZIONE SOLAIO PAVIMENTO VERSO GARAGE.....	50
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento e produzione ACS</i>	52
8.1.3	<i>Impianto di climatizzazione estiva</i>	52
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	52
	EEM2: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	52
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	55
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	55
	EEM1: COIBENTAZIONE SOLAIO VERSO NON RISCALDATO	55
	EEM2: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	56
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	57
	EEM1: COIBENTAZIONE DEL SOLAIO DI PAVIMENTO	58
	EEM2: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	59
	SINTESI	60
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO.....	61
9.3.1	<i>Scenario 1: TRS < 15 ANNI</i>	64
10	CONCLUSIONI	70
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	70
10.2	RACCOMANDAZIONI	71
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	74
	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	A

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		2000
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso (da DPR 412/93)		E.7 (Scuole)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	542
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.681
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.458
Rapporto S/V	[1/m]	0,68
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	600
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	150
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	750
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia murale a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	75
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-28 (Impianto raffrescamento centralizzato non in uso da circa il 2013) - circa 12 kW climatizzatori singoli a espansione diretta)
Tipo di combustibile		Gas naturale risc. Energia elettrica raffr.
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Produzione combinata con riscaldamento
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	24,6
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	56.280
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	4.843
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	28.334
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	6.191

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

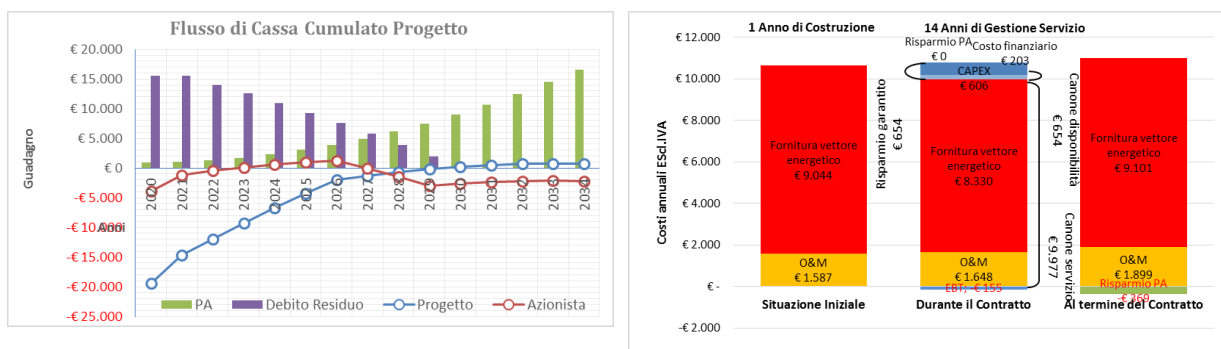
- EEM 1: Coibentazione intradosso del solaio di pavimento
- EEM 2: Sostituzione lampade con apparecchi LED
- SCN 1: Illuminazione con apparecchi LED

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

CON INCENTIVI														
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_E	ΔC_{M_o}	ΔC_{M_s}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	€/anno	€/a nno]	€/a nno]	[€]	anni	anni	anni	[€]	[%]	[-]		
EEM Pavimento 1:	12,8%	8,9%	934	0	0	30392	16,5	30,3	30	-269	3,9%	-0,01	n/a	n/a
EEM Illuminazione 2:	9,5%	15,2%	1753	0	0	18852	5,8	7,7	15	6935	10,6%	0,37	n/a	n/a
SCN 1 (TRS<15 ANNI)	9,5%	15,2%	1753	0	0	18852	20,4	36,6	15	-1,393	-	-0,07	1,008	0,644

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

Figura 0.1– Scenario 1: analisi finanziaria



L’edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in buone condizioni manutentive, e con componenti di involucro e di impianto sufficientemente performanti essendo l’immobile di recente costruzione.

Dopo aver eseguito l’analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari.

Data la particolare conformazione performante dell’edificio è risultato difficile ipotizzare interventi che abbiano una fattibilità tecnico-economica soddisfacente.

L’intervento col maggiore rapporto costi-benefici è stato individuato nel relamping dell’impianto di illuminazione esistente. Potrebbe essere percorribile anche la coibentazione del solaio di pavimento che dà verso un’autorimessa non riscaldata, anche se, dati i bassi risparmi assoluti di energia, l’intervento non risulta conveniente dal punto di vista finanziario.

Si ricorda che per esigenze di comfort, date le alte temperature percepite in estate all’interno della scuola, è auspicabile rimettere in funzione l’impianto di condizionamento centralizzato che risulta fuori uso da circa 6 anni.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

Figura 1.1 - Particolare della facciata principale esposta a Nord



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU Sezione GEA F. 85 Mapp. 1574 Sub. 140 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere del *Molo*, facente parte del centro storico della città, con entrata da Vico di Mezzagalera 3.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito ad Asilo Nido con servizio interno di preparazione pasti.

Dal punto di vista catastale l'edificio è classificato in categoria D/6 - Fabbricati e locali per esercizi sportivi (con fine di lucro), non coincidente quindi con la reale destinazione d'uso scolastica. Si fa notare che l'unico subalterno tra quelli riportati sul file kyotobaseline corrispondente all'edificio è il 140. In allegato B sono riportate tutte le planimetrie relative ai diversi sub comunicati dalla committenza.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		2000
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 (Scuole)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	541
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.681
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.458

Rapporto S/V	[1/m]	0,68
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	542
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	600
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	150
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	750
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia murale a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	75
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-28 (Impianto raffrescamento centralizzato non in uso da circa il 2013) - circa 12 kW climatizzatori singoli a espansione diretta)
Tipo di combustibile		Gas naturale risc. Energia elettrica raffr.
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Produzione combinata con riscaldamento
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	24,6
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{ti} /anno]	56.280
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	4.843
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	28.334
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	6.191

Nota (1): Valori di Baseline

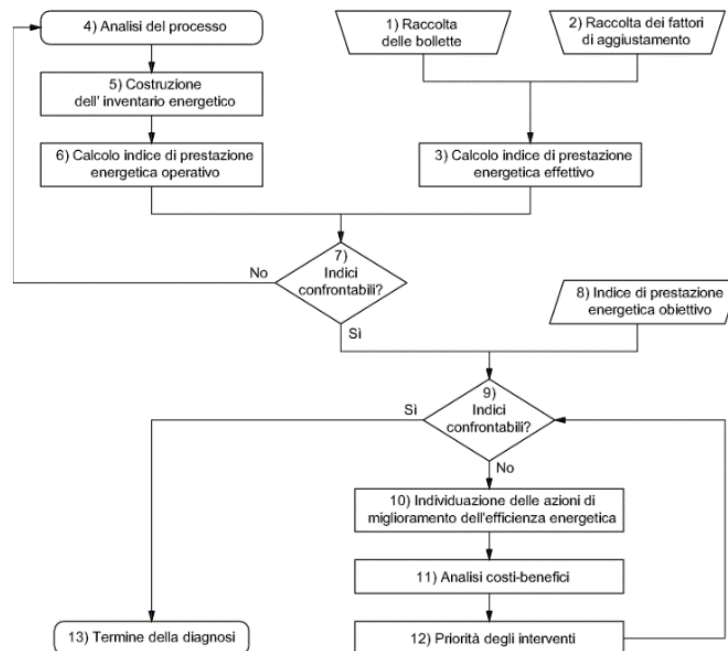
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’ Allegato B – Elaborati; **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 06/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo del Centro Funzionale di Genova e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e

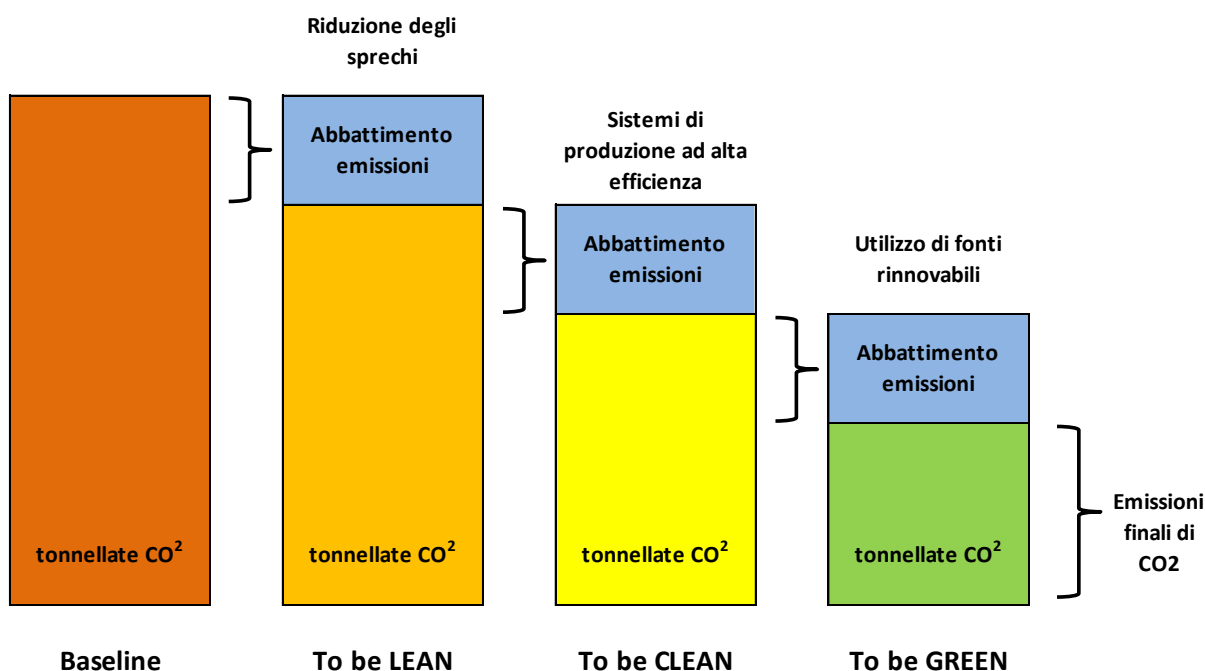
- destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai 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 inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
 - o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
 - p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
 - q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCo;
 - r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
 - s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

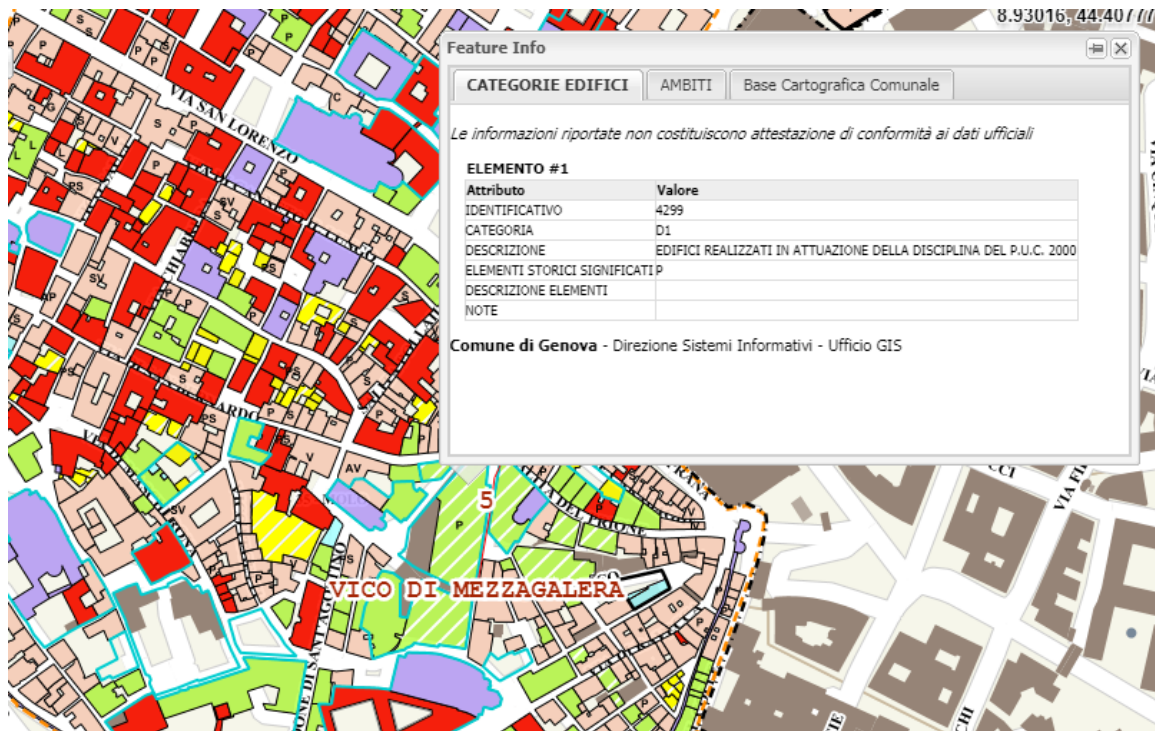
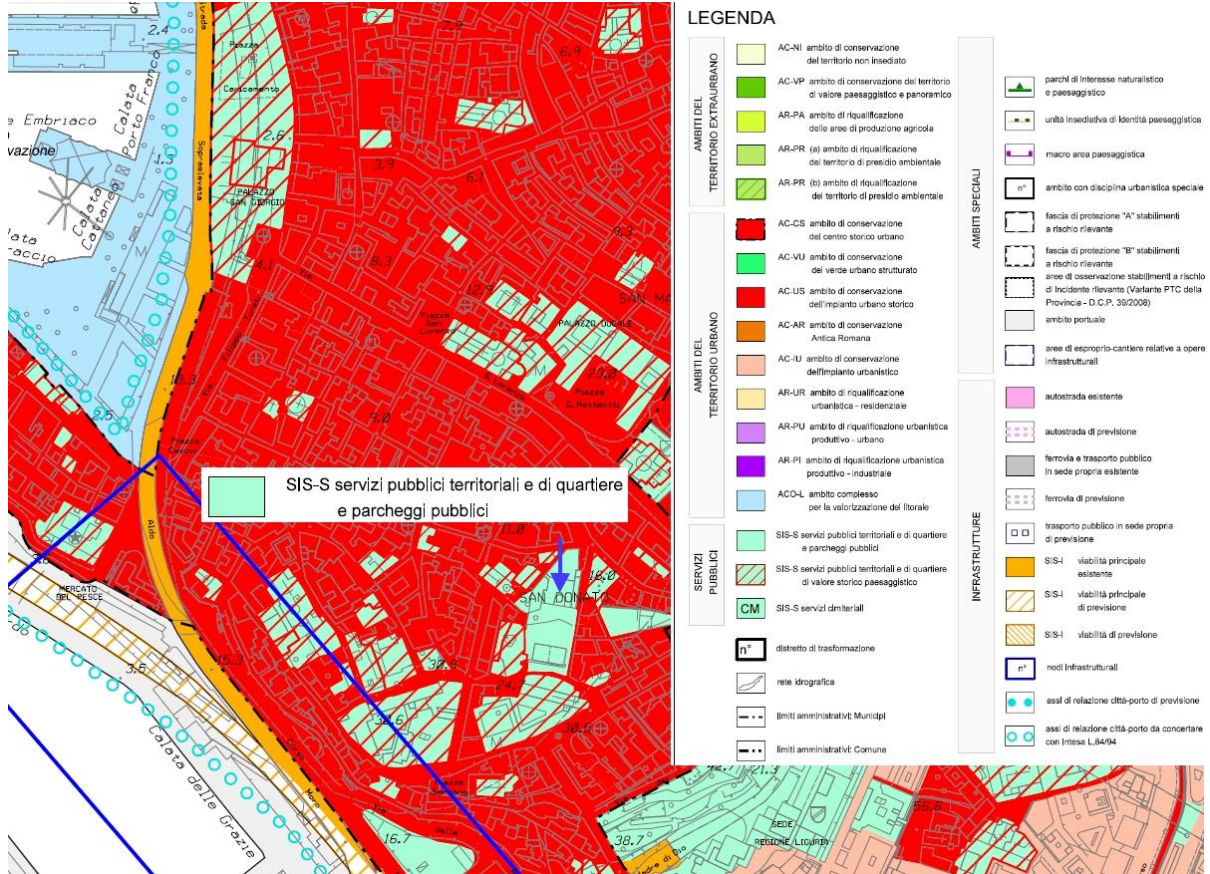
2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE come *SIS-S Servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici*, ed è inserito in zona AC-CS, *ambito di conservazione del centro storico urbano*, avente come obiettivo la conservazione e valorizzazione del patrimonio edilizio esistente, i cui interventi sono consentiti senza obbligo di reperire parcheggi pertinenziali. Gli interventi sono

disciplinati sulla base delle categorie attribuite agli edifici. L’edificio in cui è inserito l’asilo nido appartiene alla Categoria D1- *edifici realizzati in attuazione della disciplina del p.u.c. 2000*. Gli interventi consentiti per questa categoria di edificio sono contenuti nella relativa scheda d’ambito riportata all’interno delle Norme di Conformità del PUC.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L’edificio scolastico denominato Asilo Nido “San Donato” fa parte di un complesso edilizio realizzato intorno agli anni 2000 e costituito da spazi eterogenei come parcheggio pubblico interrato, zona archeologica, giardini pubblici.

Ai sensi del DPR 412/93, l’unità immobiliare oggetto della presente diagnosi, ricade nella destinazione d’uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche di ogni genere e grado. La destinazione d’uso effettiva non coincide con quella catastale (vedi par. 1.2).

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

La struttura è in parte seminterrata ed ha accesso principale da Vico di Mezzagalera.

L’unità immobiliare si sviluppa su un unico piano con struttura portante a telaio in c.a. e tamponamenti in muratura. La copertura è costituita da un terrazzo ad uso pubblico con attrezzature di gioco per bambini ed in parte aiuole alberate. Il pavimento confina con uno spazio interrato adibito a garage pubblico. L’asilo nido che occupa l’immobile è gestito dalla Segreteria Scuole Comunali Municipio Centro Est.

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

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

Figura 2.2 - Vista satellitare dell’edificio con identificazione della sagoma dell’UI (Fonte: Google Maps)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽²⁾
Terra	Ingresso, aule cucina, refettorio, dormitorio, servizi, CT	[m ²]	600	542	183
TOTALE		[m ²]	600	542	183

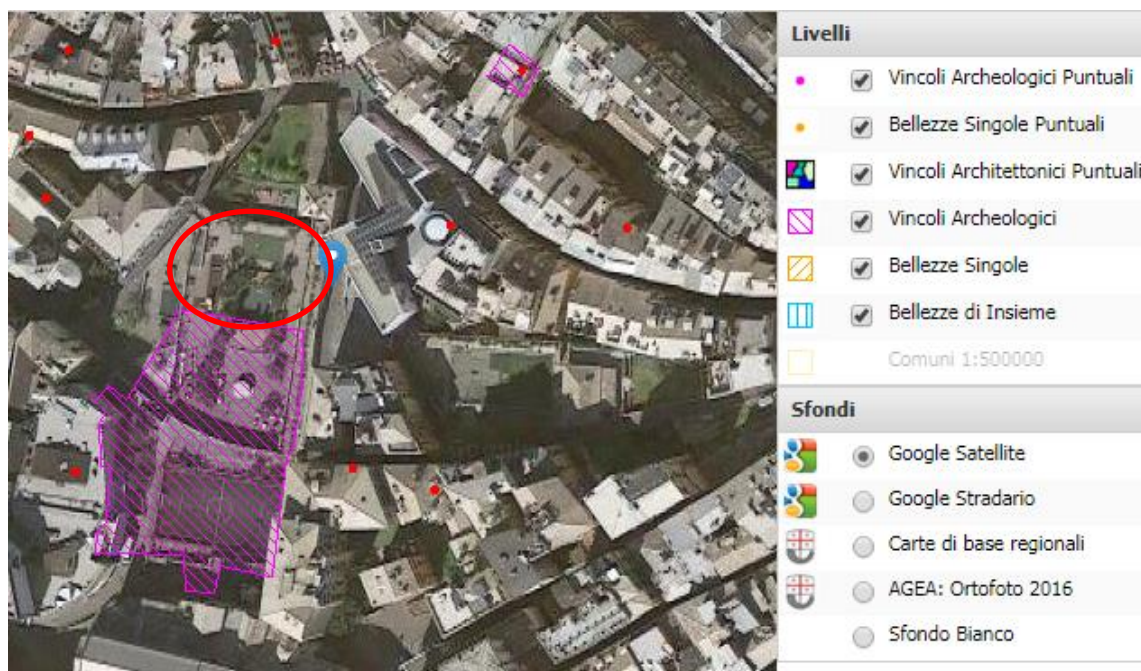
Nota (1): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (2): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico.

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

Il “Molo” è un quartiere del centro storico di Genova. Situato a ridosso dell’area portuale più antica ha costituito per secoli il centro del potere politico e religioso cittadino. Era uno dei sestieri in cui era suddivisa la città di Genova e confinava a levante con quello di Portoria, a nord con quello della Maddalena a sud e a ponente con l’area portuale. Compreso in seguito nella ex-circoscrizione Prè-Molo-Maddalena, che riuniva in un’unica entità amministrativa i tre quartieri più antichi del centro storico, è oggi un’unità urbanistica del Municipio I Centro-Est.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sugli strumenti urbanistici comunali e sul portale dei Vincoli architettonici, archeologici e paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l’edificio non è soggetto a vincoli architettonici puntuali né è inserito in aree di notevole interesse paesaggistico ai sensi del D. Lgs. 42/2004 “Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio”.

L’edificio confina in parte con una zona sottoposta a Vincolo Archeologico con opportuno Decreto che tutela ai sensi dell’art. 1 della Legge 1089/39 l’Area archeologica di S. Donato, per la presenza di muri e strutture di epoca romana.

L’edificio non si trova all’interno di una zona soggetta a vincoli geomorfologici e idraulici.

Tuttavia l’edificio rientra nell’Ambito di Conservazione del Centro Storico i cui interventi sono disciplinati sulla base delle categorie attribuite agli edifici (vedi par. 2.1), nonché sulla Disciplina Paesaggistica di Livello Puntuale. In questo caso l’edificio è inserito nell’area SUQ – Struttura Urbana Qualificata, che si riferisce ad aree territoriali estese e che comprendono siti di particolare pregio quali gli ambiti del paesaggio urbano strutturato.

Gli interventi in questo caso devono in generale perseguire il mantenimento e la valorizzazione delle caratteristiche architettoniche degli edifici, dell’intorno e degli spazi liberi.

Poiché gli interventi proposti non interessano parti del sottosuolo, nell’analisi delle EEM non si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con il vincolo archeologico.

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 solaio di pavimento	-		-
EEM 2: Sostituzione corpi illuminanti	-		-

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.

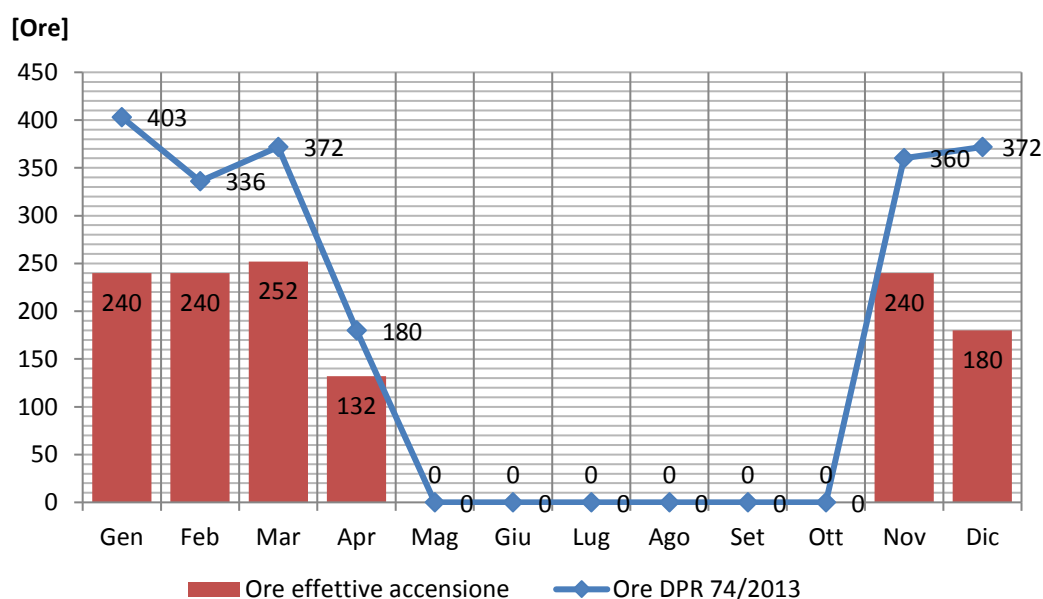
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento dell’impianto di riscaldamento sono stati ricavati dal sistema di telecontrollo in centrale termica.

Nella Tabella 2.3 sono riassunti gli orari di funzionamento della scuola e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO RISCALDAMENTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	07:30 – 17:30	06.00 – 18.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	dal lunedì al venerdì	07:30 – 17:30	spento

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di apertura della scuola. L’accensione dell’impianto anticipato rispetto all’inizio delle lezioni serve a portare in temperatura di 20°C gli ambienti interni nel momento di utilizzo da parte degli utenti. Pertanto gli orari sembrano in generale coerenti con l’effettivo soddisfacimento dei fabbisogni di confort interno dell’edificio.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto O&M>35kW, che prevede la sola manutenzione degli impianti con società esterna a canone annuo prestabilito, mentre le utenze sono a diretto carico del Comune.

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 909 GG calcolati su 107 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	21%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
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	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	107	909	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

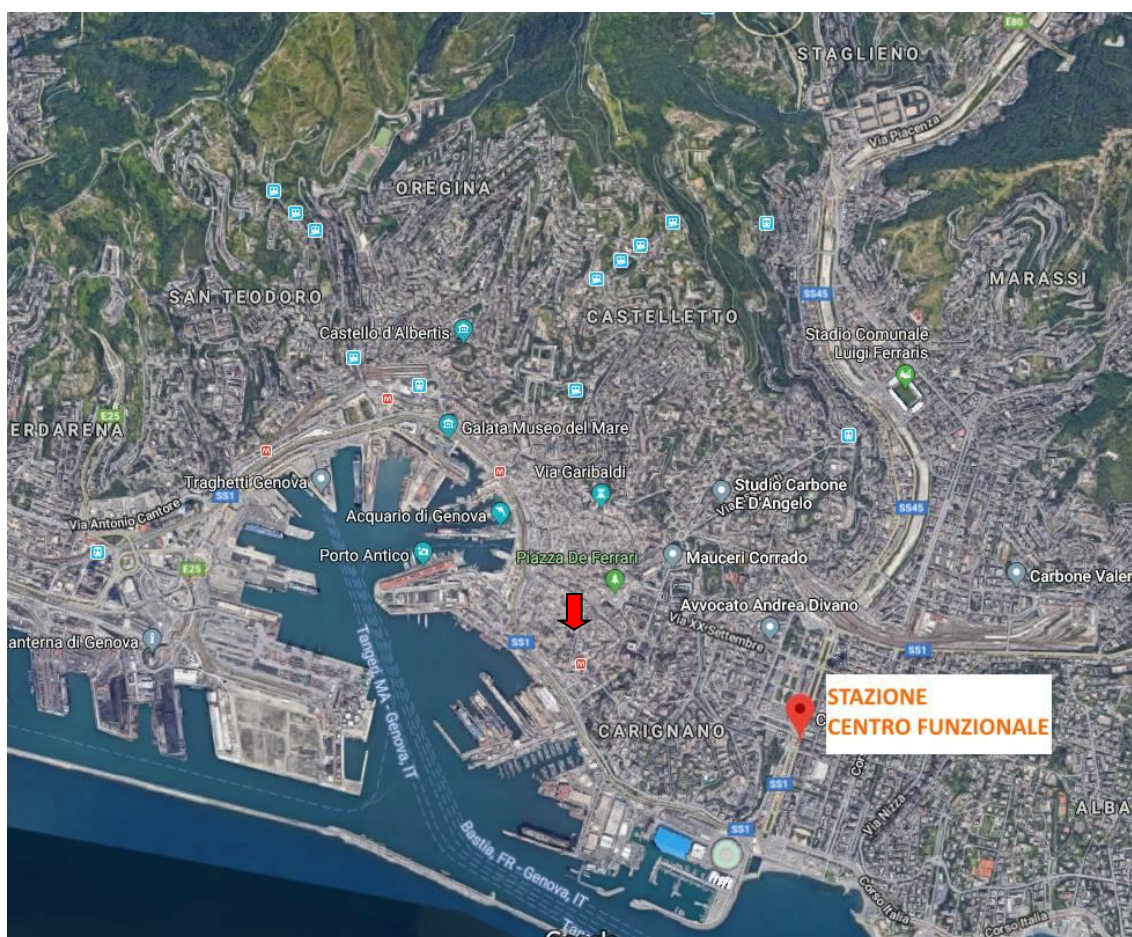
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

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

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

Nell’edificio oggetto di diagnosi, posto ad un’altitudine di 22 m slm, sono stati utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili alla zona di ubicazione dell’edificio.

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

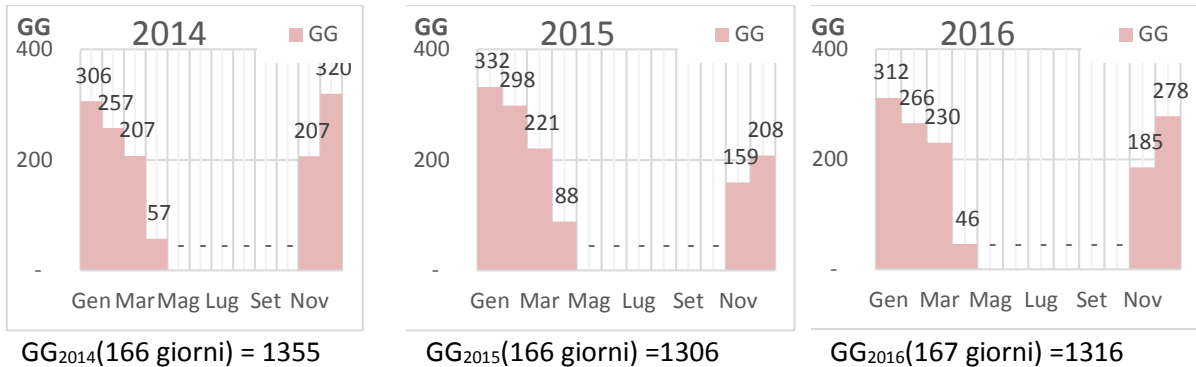


3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

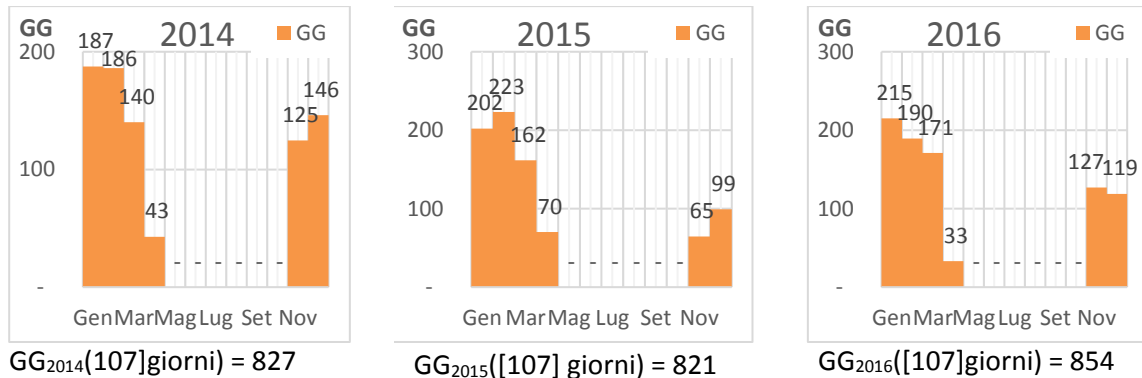


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 909 GG calcolati su 107 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio fa parte di un'unica struttura complessa realizzata in cemento armato intorno al 2000 che racchiude un intervento di riqualificazione dell'intero lotto.

Le pareti dell'edificio sono costituite da elementi in muratura intonacata sui due lati di spessore prevalente pari a 35 cm e singoli setti di 55 cm.

L'UI ha una forma a U e si sviluppa su un unico piano posto al di sopra di un garage interrato ad uso pubblico che ha entrata da Vico Biscotti.

La facciata principale è esposta a nord, la facciata est è parzialmente interrata, la parete retrostante, con esposizione a sud, si affaccia su una corte interna con ombre portate costituite dal terrazzo sovrastante.

La copertura dell'edificio è piana praticabile e ad uso pubblico, realizzata in laterocemento e rivestimento esterno in cemento o laterizio. La parte più interna della copertura dell'asilo, in corrispondenza della U, è occupata da un'aiuola rialzata di 73 cm rispetto al piano di calpestio, con verde alberato e terra.

Figura 4.1 - Particolare della facciata retrostante lato est



Figura 4.2 - Particolare della copertura occupata da aiuole e parco giochi



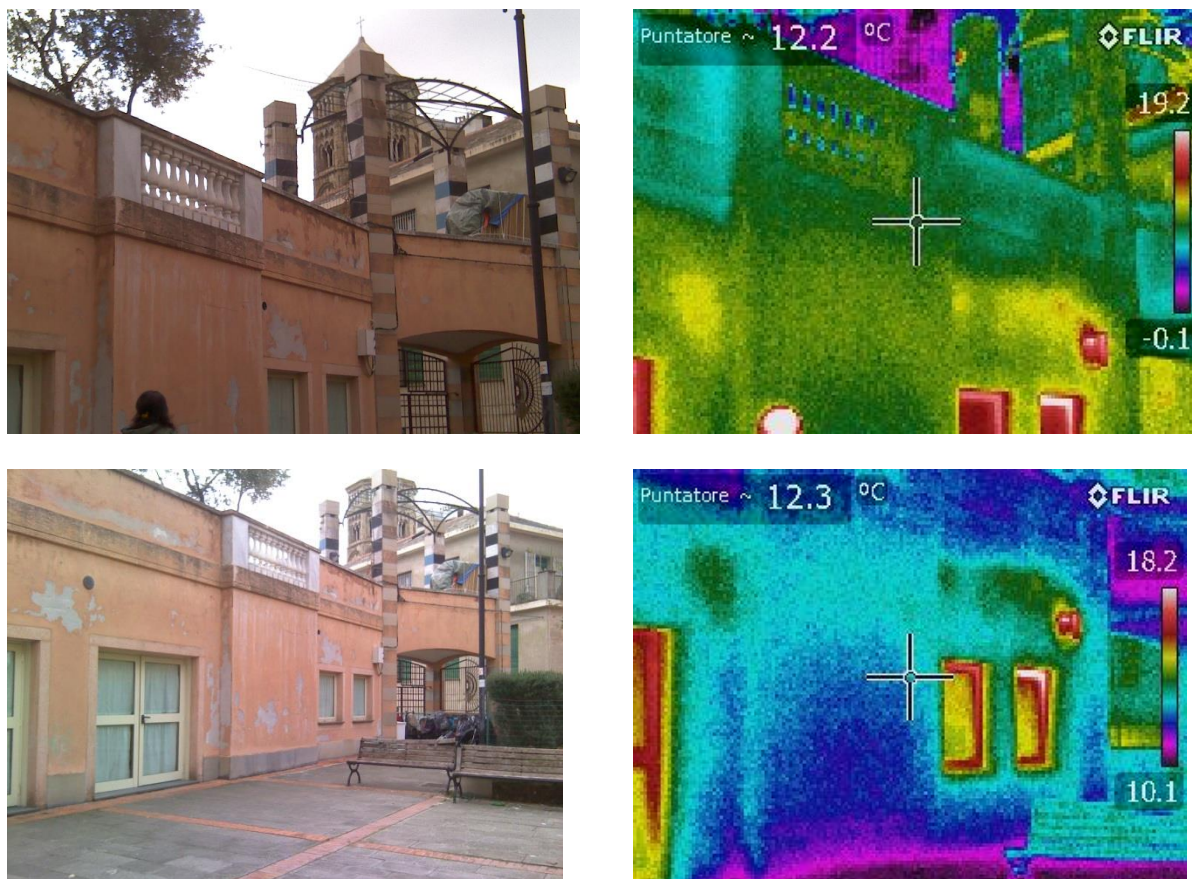
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40
- Indagine visiva delle strutture
- Rilievo geometrico delle altezze e degli spessori dei componenti.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- La struttura opaca di facciata in generale risulta abbastanza omogenea con pochi ponti termici importanti.
- Il collegamento tra parete e solaio di pavimento è interessato da una certa differenza di temperatura dovuta ai locali sottostanti non riscaldati.
- Dalla termografia si evidenziano zone circoscritte sulla parte alta della facciata con temperatura superficiale di un gradiente superiore al resto della parete, probabilmente dovuto ad un passaggio di impianti.
- La parete nord è interessata da problemi di umidità che provocano il distacco dell'intonaco, il quale si presenta non omogeneo sulla facciata.

Figura 4.3 – Rilievo termografico delle pareti esterne lato 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	SPESSORE [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete esterna 35 cm	M1	350	Assente	0,775	Sufficiente
Parete esterna 55 cm	M2	550	Assente	0,462	Sufficiente
Parete verso NR	M3	120	Assente	1,801	Sufficiente
Parete 35 cm verso NR	M4	350	Assente	0,748	Sufficiente
Solaio verso garage	P1	380	Assente	1,101	Sufficiente
Tetto terrazzo	S1	973	Assente	0,977	Sufficiente
Tetto giardino	S2	1673	Assente	0,195	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti di tipologia omogenea, realizzati in PVC con vetrocamera 6-8-6 e vetro normale. La maggior parte dei serramenti sono porte-finestra, solo 3 infissi sono posizionati ad un'altezza di circa un metro dal pavimento e prive di nicchia sottofinestra.

Lo stato di conservazione è buono, e molto probabilmente risalgono all'anno di realizzazione dell'edificio.

La posizione degli infissi è a filo interno delle pareti perimetrali, provocando un ponte termico tra parete e telaio.

Non sono presenti componenti oscuranti esterni, ma alcuni infissi sono dotati di tende interne di colore bianco.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



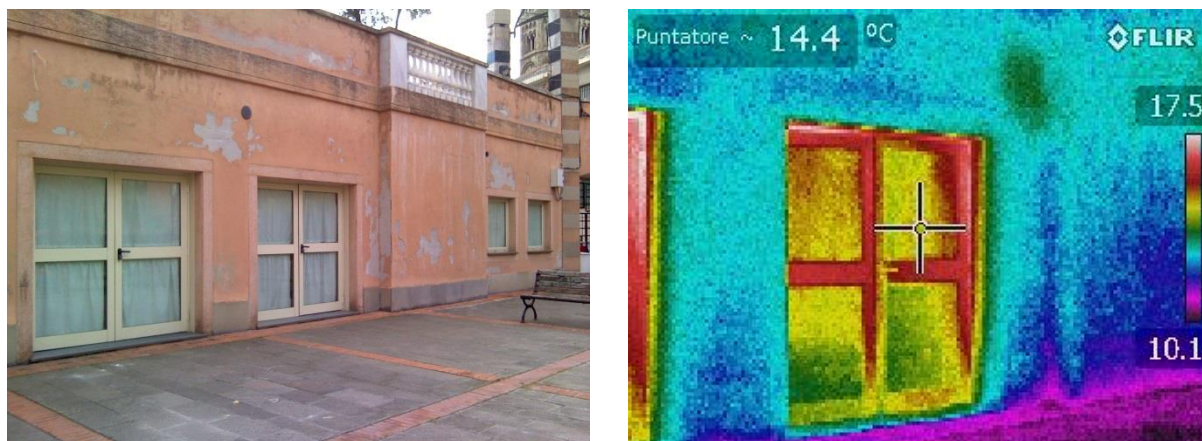
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico degli infissi dall'esterno, eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40
- Rilevamento degli spessori compositivi della vetrocamera di tutte le tipologie di infissi ottenuta tramite uso di spessimetro
- Rilievo geometrico dei serramenti
- Valutazione visiva dei componenti

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- I telai dei serramenti hanno dispersioni molto maggiori rispetto alla parete opaca e della stessa vetrocamera
- Presenza di ponte termico tra parete e serramento
- Non sono quasi visibili gradienti di temperatura tra l'architrave dell'apertura ed il resto della parete.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti sul lato 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	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA	STATO DI
		[LXH] [cm]			TERMICA [W/mqK]	CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1 (W1)	120X120	PVC	Vetrocamera 6-9-6	2,67	Buono
Porta finestra vetrata	PF1 (W2)	205X210	PVC	Vetrocamera 6-7-6	2,79	Buono
Porta finestra vetrata	PF2 (W3)	275X210	PVC	Vetrocamera 6-7-6	2,63	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

Il riscaldamento degli ambienti è servito da un impianto termico centralizzato per l'intero edificio oggetto di diagnosi. L'impianto è costituito da un impianto ad acqua alimentato da una caldaia funzionante a gas naturale, a vaso chiuso, con produzione combinata di acqua calda sanitaria.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in alluminio nei bagni
- Ventilconvettori a soffitto o a parete

Al momento del sopralluogo i terminali di emissione risultavano funzionanti.

I radiatori sono installati nei bagni, mentre i ventilconvettori nel resto dei locali.

I radiatori sono dotati di valvola termostatica.

Figura 4.6 - Particolare dei terminali di emissione



Figura 4.7 - Particolare dei terminali di emissione



Figura 4.8 - Particolare dei terminali di emissione



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
Unica	Ventilconvettori a soffitto	95%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Terra	A soffitto ventil	18	-	-	-	-
Terra	A parete radiatori	4	1,6	6,4	-	-
Terra	A parete split	8	-	-	-	-
TOTALE		30				

In fase di sopralluogo si sono verificati i terminali presenti ma non è stato possibile desumere la potenza di ciascun corpo scaldante non conoscendo le loro specifiche tecniche. Pertanto tale dato è stato ricostruito via software considerando un Δt lato acqua di 10°C e Δt lato aria 30°C per i ventilconvettori e 50°C per i radiatori.

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 della scuola avviene con impostazione della curva climatica per mezzo di una sonda di temperatura esterna e collegato alla telegestione e controllo da remoto.

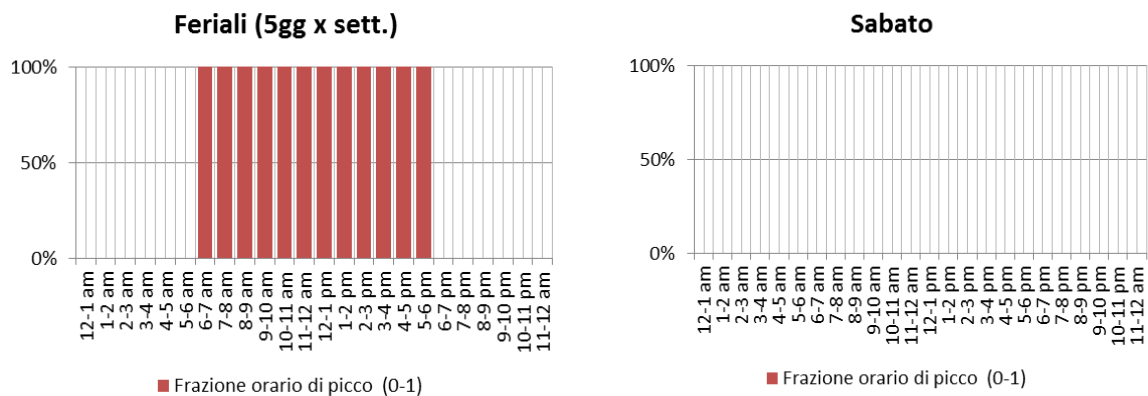
All'interno dell'edificio è presente un termostato di zona ed i radiatori sono dotati di valvole termostatiche.

Figura 4.9 – Termostato di zona dei ventilconvettori



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento dell'impianto di riscaldamento.

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la scuola



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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Aule e cucina	Climatica e di zona	95%
Bagni	Climatica e VT sui radiatori	95%

I rendimenti sono stati ricavati da modello energetico sviluppato con Edilclima secondo le norme UNI TS11300.

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario del generatore a portata indipendente per mezzo di un separatore idraulico
- 2) Circuito secondario a vaso chiuso di collegamento ai due collettori di mandata e ritorno ai terminali di emissione (fluido termovettore acqua) e al circuito di produzione di ACS.
- 1) Sul circuito primario è presente una pompa di circolazione singola a giri fissi sul tubo di ritorno e un separatore idraulico tra il generatore e la distribuzione. Il circuito è a vaso chiuso.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti di distribuzione

ZONA TERMICA	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽¹⁾ [mca]	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾ [kW]	
Scuola	Circuito primario	ES01 Grundfos 25-85 130	mandata acqua al generatore	4,6	4,8	0,180
TOTALE					0,180	

Nota (1): Valori nominali ricavati da scheda tecnica pompa

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

Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Mandata	Caldo	62	80
Ritorno	Caldo	56	60

Nota (1): Valori rilevati il giorno 06/12/2018 alle ore 15.00, in orario di apertura dell'asilo, con una temperatura esterna di circa 12°C

Come si evince dalla tabella soprastante la differenza fra temperature rilevate e temperature di calcolo (fanno riferimento alle condizioni convenzionali di progetto), dipende dalla presenza della regolazione di caldaia mediante curva climatica e sonda esterna di temperatura. Le condizioni di progetto sono riferite ad una temperatura esterna di 0°C.

- 1) **Circuito secondario:** tra il separatore idraulico del circuito primario ed il collettore di mandata ai terminali di emissione per mezzo di 4 circuiti ciascuno con pompa di circolazione indipendente. Sul ritorno è presente un defangatore.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti di distribuzione

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽¹⁾ [mca]	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾ [kW]	
Circuito 1	ES02 - Grundfos UPS0 25-65 130	Accumulo ACS	-	0,125	
Circuito 2	ES03-Grundfos UPS 25-80 180	Mandata radiatori	4,8	4,6	0,165

Circuito 3	ES04-Grundfos UPS 40-50F 250	Mandata ventilconvettori	4	3,3	0,105
Circuito 2	ES05-Grundfos UPS 40-50F 250	Mandata ventilconvettori	4	3,3	0,105
TOTALE					0,500

Nota (1): Valori nominali ricavati da scheda tecnica

Le temperature del fluido termovettore all’interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.9

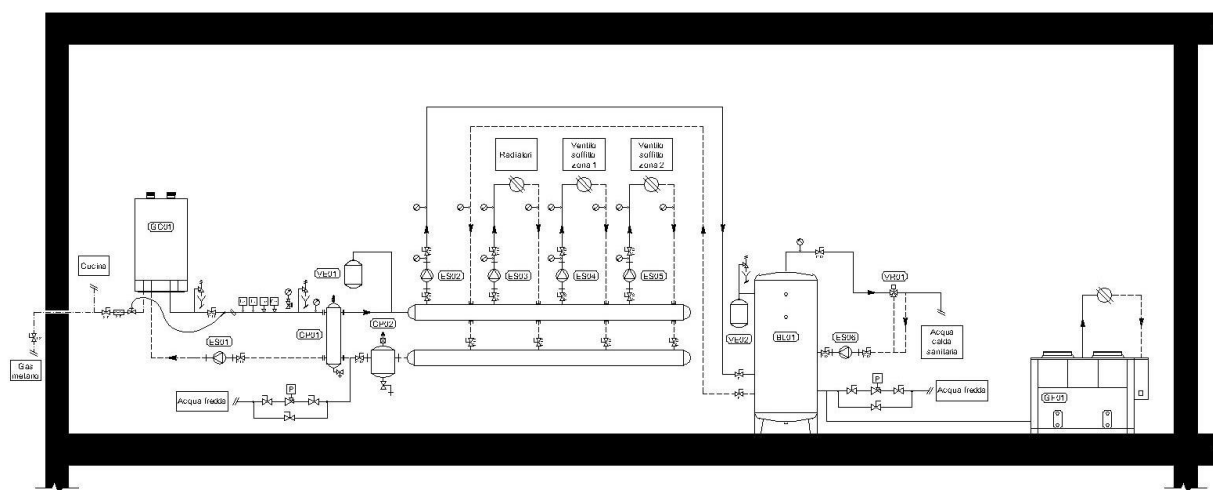
Tabella 4.7.

Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito secondario	Mandata	Caldo	60	80
Circuito secondario	Ritorno	Freddo	55	60

Nota (1): Valori rilevati il giorno 06/12/2018 alle ore 15.00, in orario di apertura dell’asilo, con una temperatura esterna di circa 12°C

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto della scuola



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione per la scuola è stato assunto nella DE pari al 94% come da modello termico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le UNI TS 11300.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione che alimenta l’intero edificio, è costituito attualmente da una caldaia murale a condensazione e alimentata a gas metano, installata in centrale termica.

Figura 4.12 - Particolare della caldaia



Le caratteristiche del sistema di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

ZONA TERMICA	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾ [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹⁾ [kW]
Scuola	Riscaldamento	FERROLI	FERTEKNA W 80	-	75	73,5	94.6%	0,095

Nota (1) Valori nominali ricavati da scheda tecnica

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione per la zona termica, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 94,6% come da modello energetico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le 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 è dovuto agli usi della cucina interna della scuola e dei bagni.

La produzione avviene tramite un unico bollitore alimentato dalla caldaia dell'impianto combinato riscaldamento/ACS:

- caldaia murale a condensazione alimentata a gas metano installata in CT (vedi par. 4.2.4);
- un bollitore ad accumulo di 200 lt VERTINOX BIM, installato in CT;
- una valvola a tre vie sulla mandata alle utenze;
- una pompa di circolazione sul ritorno al bollitore Grundfos UPS 25/85 180
- una pompa di circolazione sulla mandata del circuito primario Grundfos 25/65 130

Figura 4.13 - Particolare bollitore ACS



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11. Per lo schema d'impianto si veda la Figura 4.11.

Tabella 4.11 – 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
Produzione combinata Risc/ACS	100%	92,6%	100%	90,6%	98,9%	77,8%

Tutti i rendimenti sono stati ricavati da modello energetico sviluppato con Edilclima secondo le norme UNI TS11300.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione estiva di progetto è realizzata con una macchina frigorifera ad espansione diretta installata in centrale termica e collegata ai diffusori interni per mezzo di un canalizzato. Secondo quanto ricavato dalle interviste al personale della scuola, l'impianto non è funzionante da circa 6 anni.

Attualmente sono installati alcuni split interni con macchina condensatrice singola per il raffrescamento di poche aule. Nella presente diagnosi si terrà conto della configurazione attualmente in funzione.

Figura 4.14 - Particolare della macchina frigorifera



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella tabella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Rendimenti dell’impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
97%	94%	100%	-	300%	146%

I rendimenti sono stati ricavati da modello energetico sviluppato con Edilclima secondo le norme UNI TS11300.

L’elenco dei componenti dell’impianto di climatizzazione estiva rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell’ Allegato J – Schede di audit.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

La ventilazione meccanica è costituita da due impianti di sola estrazione dell’aria dai locali cucina e bagni.

L’estrattore della cucina è installato di fianco alla cappa dei fuochi.

Non è stato possibile invece visionare l’estrattore dei bagni.

Figura 4.15 - Particolare dell’estrattore cucina



L’elenco dei componenti dell’impianto di ventilazione meccanica controllata rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 8 dell’ Allegato J – Schede di audit.

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 apparecchiature della cucina, lavatrice e asciugatrice ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d’uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
pc	1	150	150	1200
stampante	1	500	500	480
lavastoviglie	1	3000	3000	720
frigorifero	1	800	800	8736
freezer	1	1000	1000	8736
lavatrice	1	1000	1000	960
asciugatrice	1	1000	1000	960
stufetta	1	1200	1200	210
FEM	10	50	500	720

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

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

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

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto o a parete;
- Lampade di emergenza installate in tutto l'edificio;
- Faretto alogeni installati sulle facciate esterne.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.14.

Tabella 4.14 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

Localizzazione	TIPOLOGIA	NUM PLAFONIERE	POTENZA UNITARIA W	POTENZA TOTALE - W
P0	T8 Fluorescenti 1x18	2	18	36
P0	T8 Fluorescenti 1x36	2	36	72
P0	T8 Fluorescenti 2x18	7	18	252
P0	T8 Fluorescenti 2x25	4	25	150
P0	T8 Fluorescenti 2x36	16	36	1152
P0	T8 Fluorescenti 4x18	40	18	2880
P0	T8 Fluorescenti 1x25	3	25	75
Esterno	Faretti alogeni	7	200	1600

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

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, la produzione di ACS e gli usi cottura attualmente è il Gas Metano.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm ³]	[kWh/Nm ³]	[Sm ³ /Nm ³]	[kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti dell'intero edificio;
- Produzione di acqua calda sanitaria dell'intero edificio;
- Usi cottura.

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all'Allegato B – Elaborati

L'analisi dei consumi storici di gas metano si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione per il triennio 2014-2015-2016.

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		Sm ³	Sm ³	Sm ³	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270036986626	Riscaldamento/acs/usi cottura	5.490	5.942	6.514	51.716	55.971	61.365

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

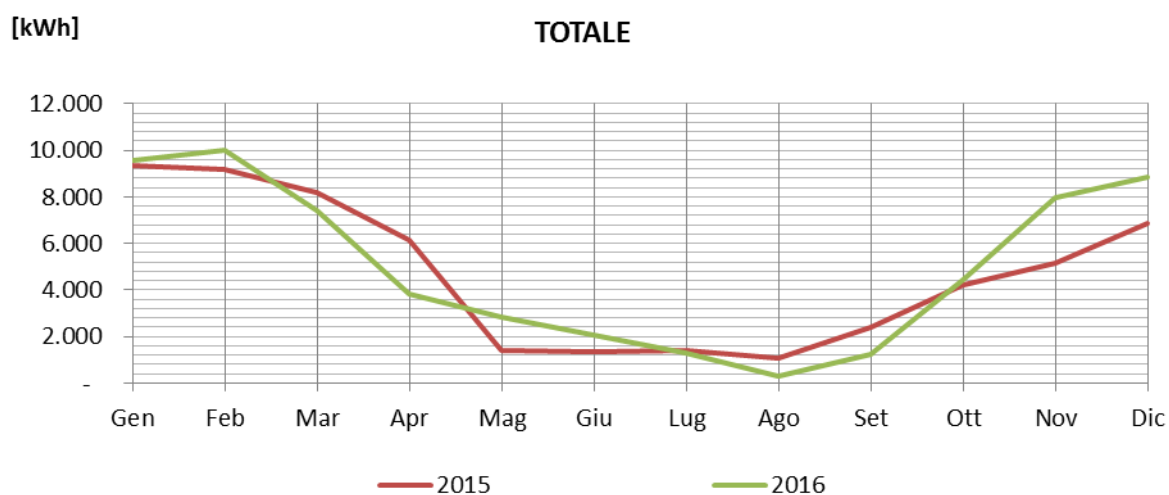
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 3270036986626	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	-	992	1.013	-	9.346	9.542
Feb	-	972	1.062	-	9.160	10.004
Mar	-	867	785	-	8.167	7.395
Apr	-	650	406	-	6.123	3.825
Mag	-	147	302	-	1.385	2.845
Giu	-	142	217	-	1.338	2.044
Lug	-	147	137	-	1.385	1.291
Ago	-	114	34	-	1.074	320
Set	-	253	131	-	2.383	1.234
Ott	-	450	471	-	4.239	4.437
Nov	-	549	847	-	5.172	7.979
Dic	-	726	939	-	6.839	8.845
Totale	-	6.010	6.344	-	56.610	59.760

Confrontando i dati del distributore ed i consumi fatturati, emerge che la differenza media riscontrata nel biennio 2015-2016, di cui si hanno le fatturazioni, è inferiore all'1%. 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 è caratterizzato da un valore minimo mensile pari a 34 Smc registrato nell'agosto 2016 e un valore di massimo prelievo mensile pari a 1062 Smc registrato nel gennaio 2016. I consumi annui seguono un andamento regolare nel biennio, con maggiori consumi registrati nel 2016.

Considerando che i consumi di combustibile 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 corrisponde alla media della fornitura di combustibile del PDR del triennio scorporato della stima dei consumi per ACS e usi cottura. Per la valutazione si veda l’Allegato I.

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 del PDR nel triennio di riferimento, per la quota parte inerente i soli consumi per la produzione di ACS la cui stima è stata ricavata dal modello energetico e riproporzionata sui consumi reali;

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, in kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato nel calcolo della baseline in quanto i suddetti utilizzi (usi cottura) non concorrono nella valutazione energetica dell’edificio.

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 combustibile forniti dalla società di distribuzione.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU [107] GIORNI	GG _{RIF} SU [107] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [909] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	827	909	4.547	42.842	51,8	47.068	4591	-
2015	821	909	4.959	46.723	56,9	51.720	4969	-
2016	854	909	5.480	51.634	60,4	54.932	5447	-
Media	834	909	4.995	47.066	56,4	51.278	5.002	-

Come si può notare dai dati riportati, per il calcolo della baseline è stata considerata la media dei consumi termici nei tre anni di riferimento.

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}	5.002
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	51.278
$Q_{baseline}$	56.280

5.1.2 Energia elettrica

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

- Linea luci e linea prese;
- Apparecchiature cucina;
- Estrattori;
- Ausiliari centrali termiche;
- Attrezzature varie.

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati.

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

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

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

Si fa presente che il file Kyoto baseline riporta due POD dedicati all'edificio. In realtà, da un approfondimento con l'ufficio energia della committenza, è stata confermata la presenza di un solo POD con i riferimenti di seguito riportati.

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]
IT001E00097711	Intero Edificio	26.667	29.048	29.286	28.334
TOTALE					EEbaseline 28.334 kWh

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 e riportati nella seguente tabella:

POD1	Anno 2014 Consumi, [kWh]	Anno 2015 Consumi, [kWh]	Anno 2016 Consumi, [kWh]	Consumo Medio, [kWh]
IT001E00097711	26.667	32.991	34.641	31.433

Lo scostamento tra la media dei consumi fatturati nel triennio rispetto ai consumi forniti dalla PA è pari a -10%. Si è proceduto ad utilizzare i valori derivanti dall'analisi delle singole fatture.

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 28.334 kWh/anno.

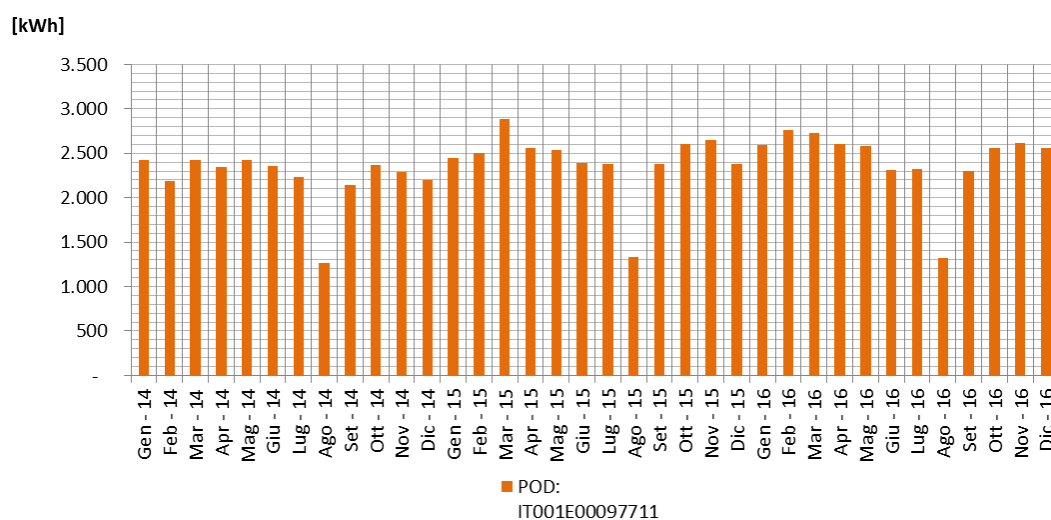
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097711	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Anno 2014				
Gen - 14	798	778	852	2.428
Feb - 14	730	761	702	2.193
Mar - 14	810	815	804	2.429

Apr - 14	783	779	787	2.349
Mag - 14	789	840	799	2.428
Giu - 14	777	744	830	2.351
Lug - 14	771	763	698	2.232
Ago - 14	398	433	437	1.268
Set - 14	732	737	675	2.144
Ott - 14	797	816	750	2.363
Nov - 14	787	741	757	2.285
Dic - 14	726	647	824	2.197
Totale	8.898	8.854	8.915	26.667
POD: IT001E00097711	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	775	797	875	2.447
Feb - 15	822	867	811	2.500
Mar - 15	1.010	1.010	863	2.883
Apr - 15	2.559	-	-	2.559
Mag - 15	2.536	-	-	2.536
Giu - 15	2.391	-	-	2.391
Lug - 15	2.378	-	-	2.378
Ago - 15	1.331	-	-	1.331
Set - 15	2.384	-	-	2.384
Ott - 15	2.609	-	-	2.609
Nov - 15	2.650	-	-	2.650
Dic - 15	2.380	-	-	2.380
Totale	23.825	2.674	2.549	29.048
POD: IT001E00097711	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.591	-	-	2.591
Feb - 16	2.767	-	-	2.767
Mar - 16	2.730	-	-	2.730
Apr - 16	2.609	-	-	2.609
Mag - 16	2.583	-	-	2.583
Giu - 16	2.313	-	-	2.313
Lug - 16	2.326	-	-	2.326
Ago - 16	1.325	-	-	1.325
Set - 16	2.302	-	-	2.302
Ott - 16	2.563	-	-	2.563
Nov - 16	2.614	-	-	2.614
Dic - 16	2.563	-	-	2.563
Totale	29.286	-	-	29.286

Si riporta nella Figura 5.2 l'andamento mensile dei consumi durante il triennio considerato.

Figura 5.2 – Andamento dei consumi elettrici reali relativi al 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.

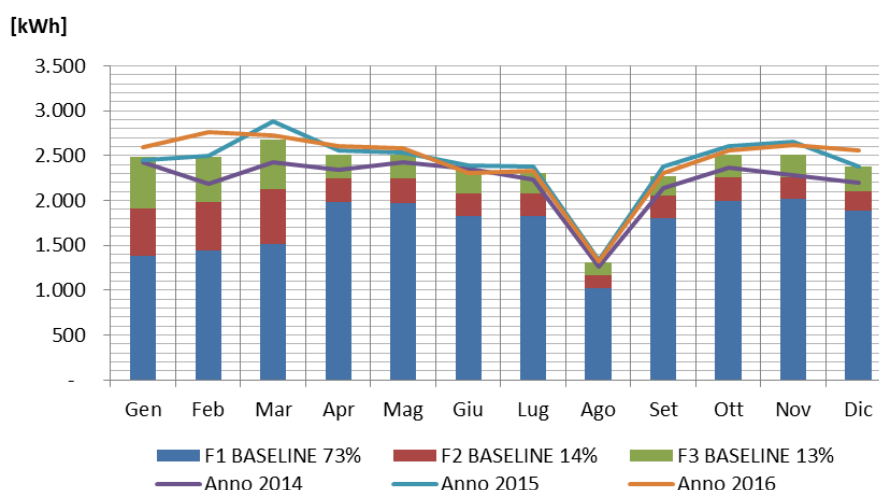
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.388	525	576	2.489
Feb	1.440	543	504	2.487
Mar	1.517	608	556	2.681
Apr	1.984	260	262	2.506
Mag	1.969	280	266	2.516
Giu	1.827	248	277	2.352
Lug	1.825	254	233	2.312
Ago	1.018	144	146	1.308
Set	1.806	246	225	2.277
Ott	1.990	272	250	2.512
Nov	2.017	247	252	2.516
Dic	1.890	216	275	2.380
Totale	20.670	3.843	3.821	28.334

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

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



I profili di prelievo medi mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti lineari in funzione dell'utilizzo dei servizi elettrici della struttura. Il mese di agosto presenta consumi minori dovuti alla chiusura della scuola, tuttavia resta una parte di consumo elettrico dovuto all'illuminazione esterna sempre in funzione. Considerando l'andamento dei singoli anni, si nota che i consumi restano pressoché costanti tra loro.

Poiché la potenza del contatore è inferiore a 55 kW non è stato possibile accedere alle curve di carico giornaliere sul sito del distributore.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

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

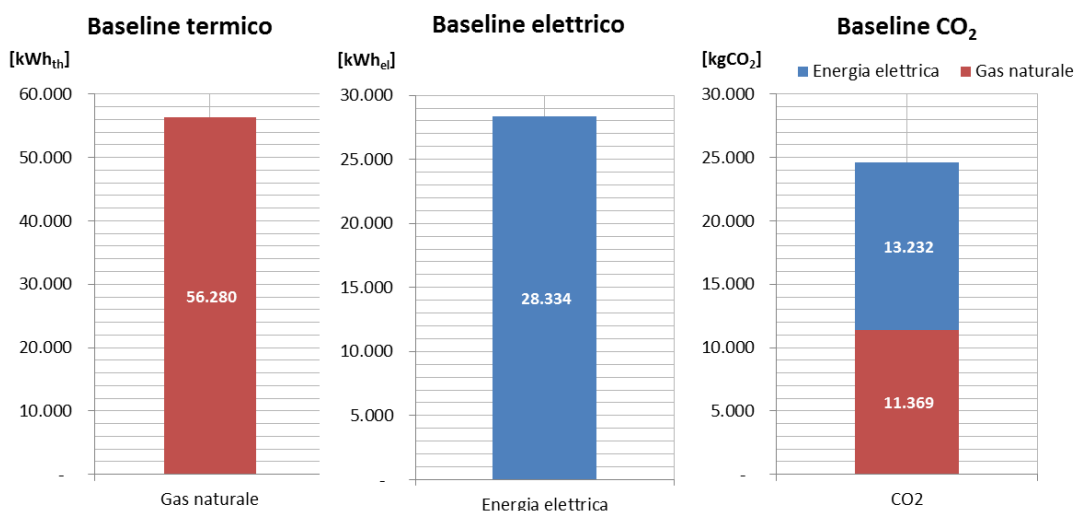
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

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

[Energia elettrica]	56.280	0,202	11.4
[Gas naturale]	28.334	0,467	13.2
Totale			24.6

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

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

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

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	542	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	542	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	2.459	m ³

Nella Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. e

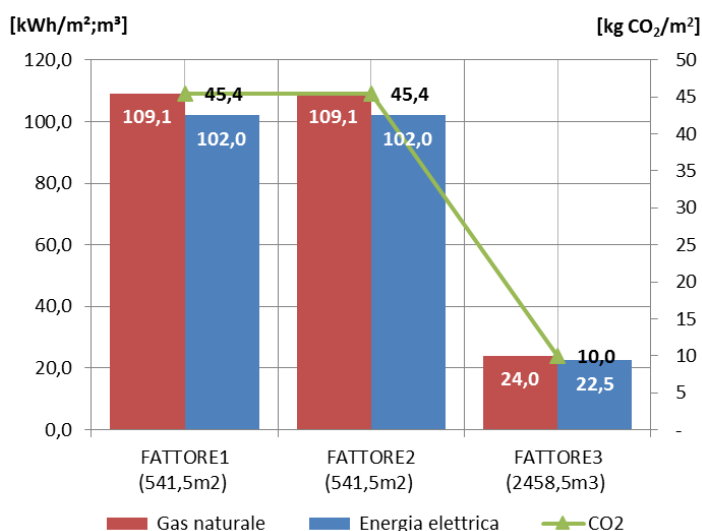
Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

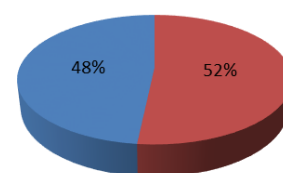
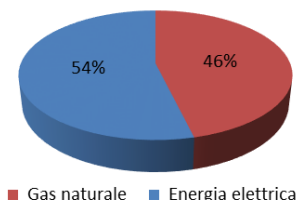
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	56.280	1,05	59.094	109,1	109,1	24,0	20,99	20,99	4,62
Energia elettrica	28.334	2,42	68.567	126,6	126,6	27,9	24,44	24,44	5,38
TOTALE			127.661	236	236	52	45	45	10

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 ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	56.280	1,05	59.094	109,1	109,1	24,0	20,99	20,99	4,62
Energia elettrica	28.334	1,95	55.251	102,0	102,0	22,5	24,44	24,44	5,38
TOTALE			114.345	211	211	47	45	45	10

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

- Fattore di forma dell’edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore F_e);
- Ore di occupazione dell’edificio scolastico (fattore F_h);

- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato (V_{risc}).

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	10,6	11,4	12,5	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	35,5	38,7	39,0
	Buono	Buono	Buono	Insufficiente	Insufficiente	Insufficiente

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo risultati positivi riguardo ai consumi termici, che classificano l'edificio come “Buono” in tutto il triennio considerato.

Dal punto di vista elettrico invece l'edificio rientra nella classe di merito “Insufficiente” per tutto il triennio considerato.

Per la sintesi ed il confronto di tutti gli indicatori di performance energetici ed ambientali degli edifici del Lotto 1, si rimanda all'Errore. **L'origine riferimento non è stata trovata.** allegato alla presente diagnosi energetica.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	222.4	208.6
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	139.7	138.3
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	10.7	10.6
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	13.1	10.5
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	11.5	9.3
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	49.5	39.9
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno		44

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)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	7425	73804.5
Energia Elettrica	-	18188 ⁽¹⁾

Nota (1): Il valore di energia elettrica consumata riportato in tabella è riferito al modello costruito in Edilclima, quindi non tiene conto dei consumi legati all’utilizzo delle attrezzature elettriche aggiuntive.

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve, el} + E_{aux, e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L, int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c, aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
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 mediante la costruzione di un modello elettrico elaborato a partire dalla potenza degli apparecchi e dalla stima del loro effettivo utilizzo per il quale si rimanda all’Allegato B.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando la specifica destinazione d’uso, le effettive ore di apertura e utilizzo della struttura, nonché gli effettivi giorni di funzionamento dell’impianto termico.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
Globale	EP_{gl}	kWh/mq anno	209	189.2
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	102.2	101.2

Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	10.4	10.4
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	13.1	10.5
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	11.5	9.3
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	71.9	57.9
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno		40.9

I valori di EP globali sopra riportati di scostano di una piccola percentuale rispetto agli EP calcolati dai dati di consumo e baseline individuati, pertanto risultano coerenti. Nel caso dei valori di baseline, gli indici risultano leggermente superiori in quanto tengono conto dei consumi elettrici da attrezzature interne alla scuola che non rientrano nella valutazione energetica da norma.

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[Nmc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	5561	55.278
Energia Elettrica	-	22.777 ⁽¹⁾

Nota (1): Il valore di energia elettrica consumata riportato in tabella è riferito al modello costruito in Edilclima, quindi non tiene conto dei consumi legati all’utilizzo delle attrezzature elettriche aggiuntive.

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]	[%]
55.278	56.280	1,8%

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 e dal modello elettrico ricostruito per le attrezzature e FEM (per i dettagli dei calcoli si rimanda all’Allegato B).

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

EE _{teorico}	EE _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
28.819	28334	1,7%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

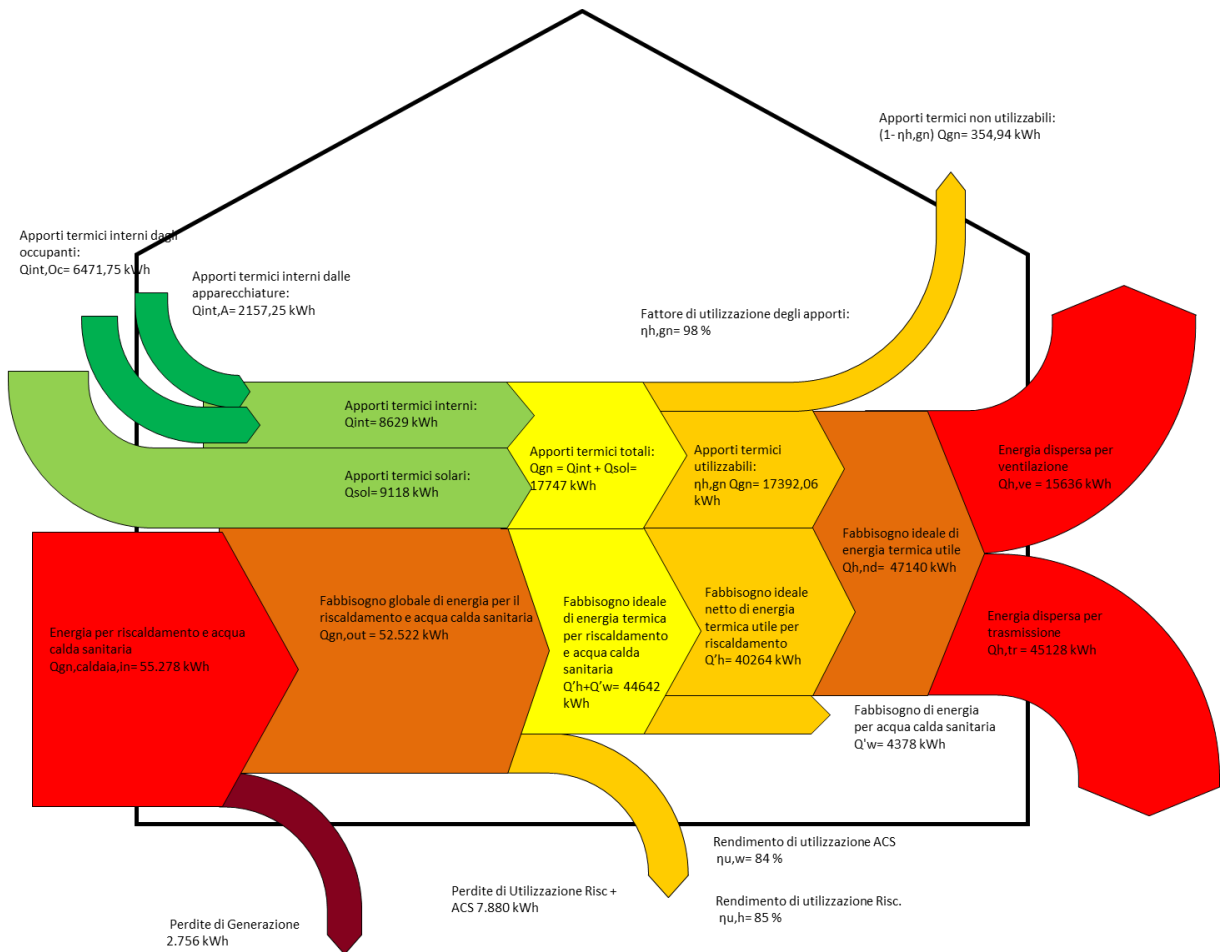
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che

descrive l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio termico, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico.

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

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

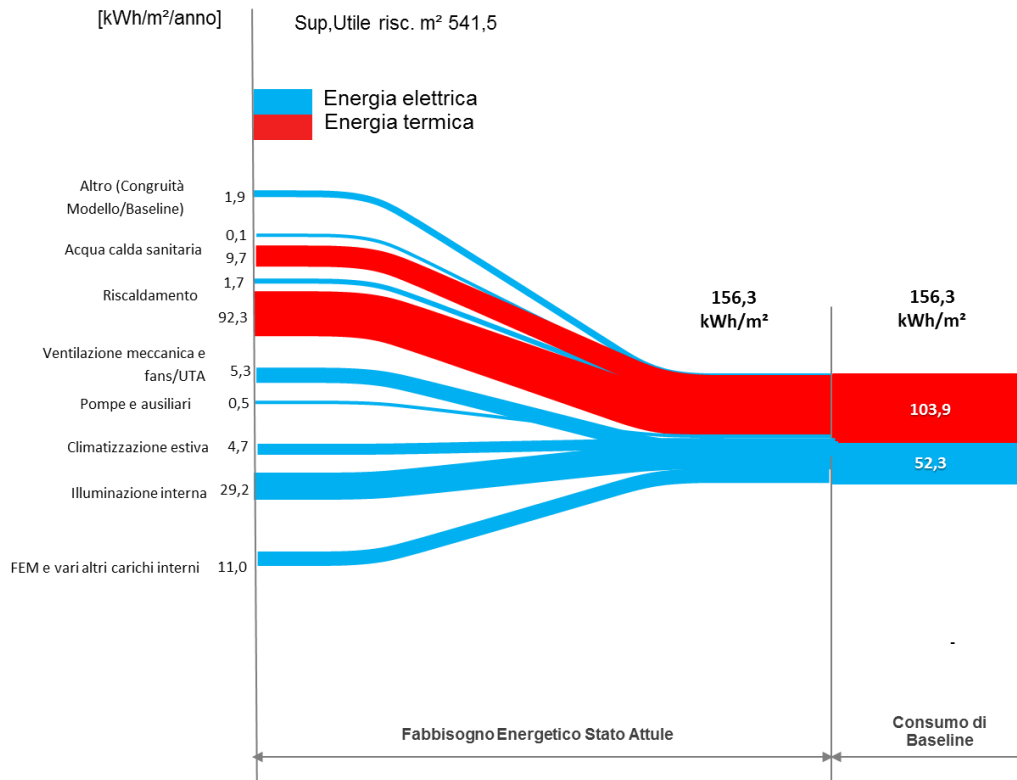
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'energia dispersa per trasmissione attraverso i componenti di involucro è la componente più significativa. Nel complesso i rendimenti di utilizzazione del riscaldamento e dell'acqua calda sanitaria sono sufficienti.

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

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



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

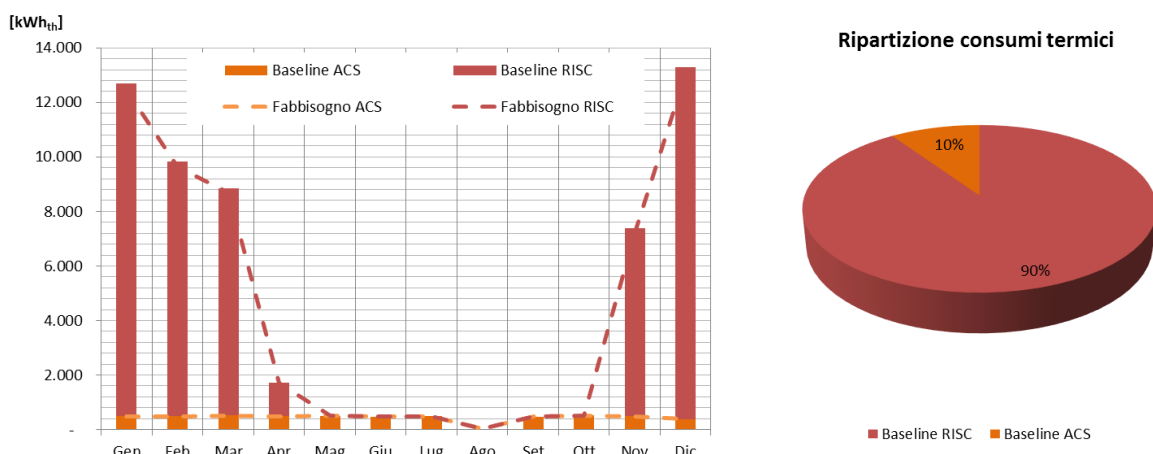
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio   possibile notare che i consumi termici sono imputabili prevalentemente a esigenze di riscaldamento e in minor parte alla produzione di ACS. I consumi elettrici sono invece maggiormente dovuti all’illuminazione elettrica e alle apparecchiature elettriche aggiuntive, che nel grafico sono incluse all’interno della voce “FEM e altri carichi interni”.

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 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



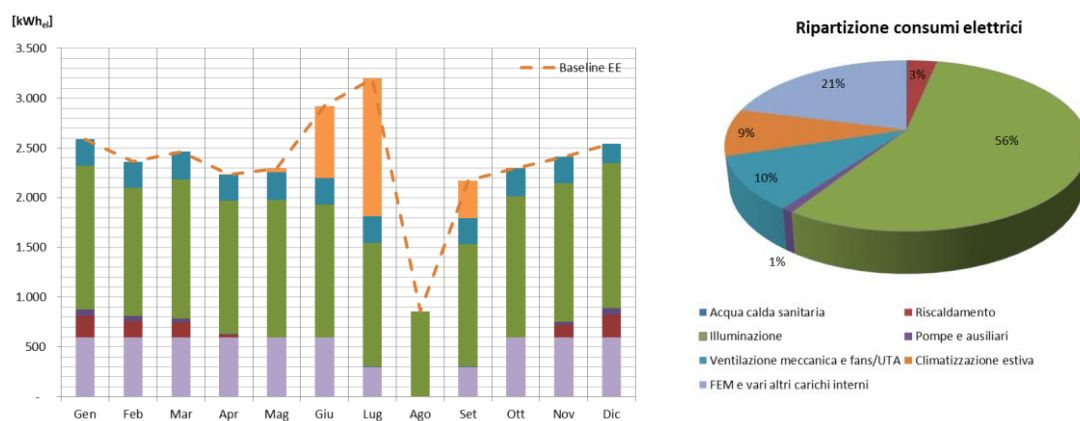
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali dell'edificio, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4. Per FEM fare riferimento alla tabella 4.11.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'impianto di illuminazione, seguito dalle attrezzature interne alla scuola. Pertanto gli interventi migliorativi potrebbero andare ad agire sulla potenza dei corpi illuminanti.

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 2015 – 2016 per il metano e il triennio 2014-2015-2016 per la fornitura di energia elettrica.

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270036986626: contratto di fornitura del solo vettore energetico stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 3270036986626	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura		VICO DI MEZZA GALERA 5 16123 GENOVA (GE)	VICO DI MEZZA GALERA 5 16123 GENOVA (GE)
Dati di intestazione fattura	-	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	-	ENI	ENERGETIC
Inizio periodo fornitura	-	Mar-15	Apr-16
Fine periodo fornitura	-	Apr-16	In corso
Classe del contatore	-	G10	G10
Tipologia di contratto	-	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO
Opzione tariffaria	-	-	-
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	-	1,023328	1,023328
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	-	38,19	38,19
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	-	0,037 €/kWh	0,025 €/kWh

Nota (*): 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, suddiviso nelle varie componenti.

Per il dettaglio dei costi si rimanda ai fogli di calcolo contenuti nell'allegato B – elaborati.

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

PDR: 3270036986626	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	425	24	147	180	124	901	9.346	0,096
Febbraio	417	22	146	197	176	957	9.160	0,104
Marzo	371	24	128	184	156	862	8.167	0,106
Aprile	184	24	75	138	93	514	6.123	0,084
Maggio	42	24	17	31	25	139	1.385	0,100

Giugno	40	24	16	30	24	135	1.338	0,101
Luglio	40	24	17	31	25	137	1.385	0,099
Agosto	31	24	13	24	20	112	1.074	0,105
Settembre	69	24	29	54	39	214	2.383	0,090
Ottobre	124	24	45	95	63	352	4.239	0,083
Novembre	151	24	51	116	75	417	5.172	0,081
Dicembre	200	24	67	154	98	542	6.839	0,079
Totale	2.094	286	751	1.234	918	5.283	56.610	0,093

PDR: 3270036986626	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	261	28	118	187	100	694	9.542	0,073
Febbraio	274	28	126	213	141	782	10.004	0,078
Marzo	203	28	91	166	107	595	7.395	0,080
Aprile	81	27	48	86	53	296	3.825	0,077
Maggio	60	27	36	64	41	228	2.845	0,080
Giugno	43	27	26	46	31	173	2.044	0,085
Luglio	29	27	17	29	22	123	1.291	0,095
Agosto	7	27	4	7	10	55	320	0,172
Settembre	27	27	13	28	21	116	1.234	0,094
Ottobre	111	27	40	100	61	339	4.437	0,076
Novembre	199	27	73	179	105	583	7.979	0,073
Dicembre	221	27	80	199	116	643	8.845	0,073
Totale	1.516	325	673	1.305	809	4.628	59.760	0,077

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 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

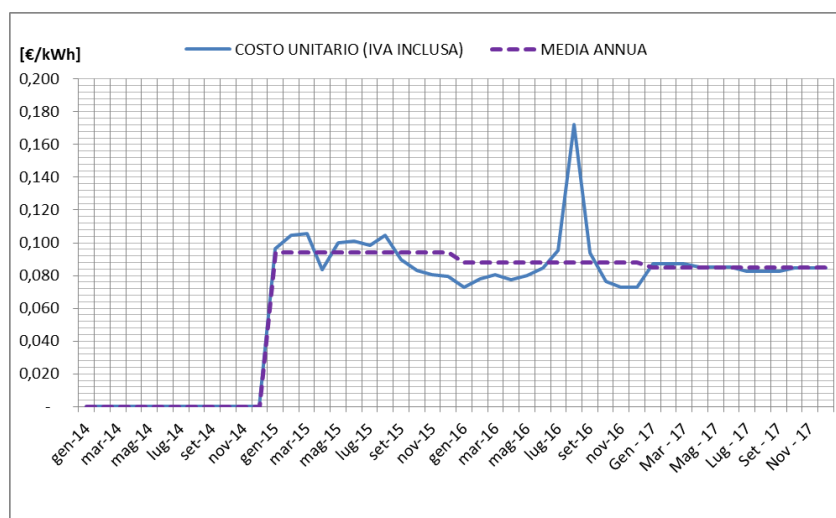
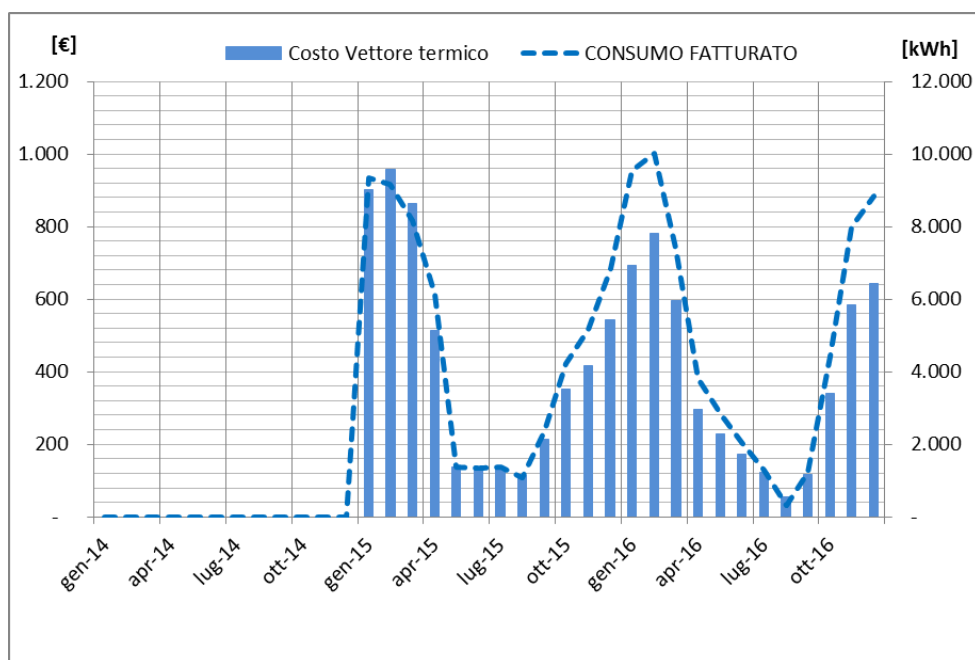


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dal primo grafico si denota un picco del costo unitario di metano nell’estate 2016 dovuto ai costi fissi della bolletta in corrispondenza di bassi consumi a servizio del solo uso cottura e ACS.

Analizzando il secondo grafico si evince che in generale i costi sono proporzionati ai consumi fatturati.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto stipulato direttamente tra la committenza ed il fornitore per l’unico POD presente all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097711: 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: IT001E00097711	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VICOLO DI SAN DONATO GENOVA (GE)	VICOLO DI SAN DONATO GENOVA (GE)	VICOLO DI SAN DONATO GENOVA (GE)
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Gala	IREN
Inizio periodo fornitura	-	Apr-15	Apr-16
Fine periodo fornitura	Mar-15	Mar-16	-
Potenza elettrica impegnata	36	36	36
Potenza elettrica disponibile	39	39	39
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del fornitura dell’energia elettrica (IVA esclusa) ⁽²⁾	0,087 €/kWh	0,0060 €/kWh	0,064 €/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: IT001E00097711	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	209	46	183	30	103	570	2.428	0,235
Feb - 14	190	46	165	27	94	522	2.193	0,238
Mar - 14	210	46	183	30	103	572	2.429	0,236
Apr - 14	213	46	182	29	103	573	2.349	0,244
Mag - 14	219	46	188	30	106	590	2.428	0,243
Giu - 14	211	46	182	29	103	572	2.351	0,243
Lug - 14	199	43	174	28	98	542	2.232	0,243
Ago - 14	112	21	100	16	55	304	1.268	0,239
Set - 14	190	40	168	27	94	519	2.144	0,242
Ott - 14	206	49	189	30	104	577	2.363	0,244
Nov - 14	196	49	183	29	100	557	2.285	0,244
Dic - 14	183	49	176	27	44	479	2.197	0,218
Totale	2.338	524	2.074	333	1.107	6.376	26.667	0,239
POD: IT001E00097711	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	195	48	187	31	46	507	2.447	0,207
Feb - 15	192	48	191	31	46	510	2.500	0,204
Mar - 15	216	45	221	36	52	570	2.883	0,198
Apr - 15	152	46	198	32	43	471	2.559	0,184
Mag - 15	146	46	196	32	42	462	2.536	0,182
Giu - 15	133	46	185	30	39	434	2.391	0,181
Lug - 15	124	46	189	30	39	428	2.378	0,180
Ago - 15	68	19	106	17	21	230	1.331	0,173
Set - 15	116	44	189	30	38	417	2.384	0,175
Ott - 15	120	44	216	33	41	454	2.609	0,174
Nov - 15	121	47	220	33	42	463	2.650	0,175

POD: IT001E00097711	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]
Dic - 15	168	44	197	30	44	483	2.380	0,203
Totale	1.752	525	2.295	363	494	5.429	29.048	0,187
Gen - 16	163	45	200	32	44	484	2.591	0,187
Feb - 16	145	45	213	35	44	481	2.767	0,174
Mar - 16	138	42	210	34	42	467	2.730	0,171
Apr - 16	136	45	201	33	41	456	2.609	0,175
Mag - 16	143	42	199	32	42	458	2.583	0,177
Giu - 16	133	45	178	29	39	424	2.313	0,183
Lug - 16	161	45	179	29	41	455	2.326	0,196
Ago - 16	83	19	102	17	22	243	1.325	0,184
Set - 16	159	40	177	29	41	446	2.302	0,194
Ott - 16	192	45	200	32	47	515	2.563	0,201
Nov - 16	211	42	203	33	49	538	2.614	0,206
Dic - 16	201	45	200	32	48	525	2.563	0,205
Totale	1.867	497	2.263	366	499	5.493	29.286	0,188

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

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

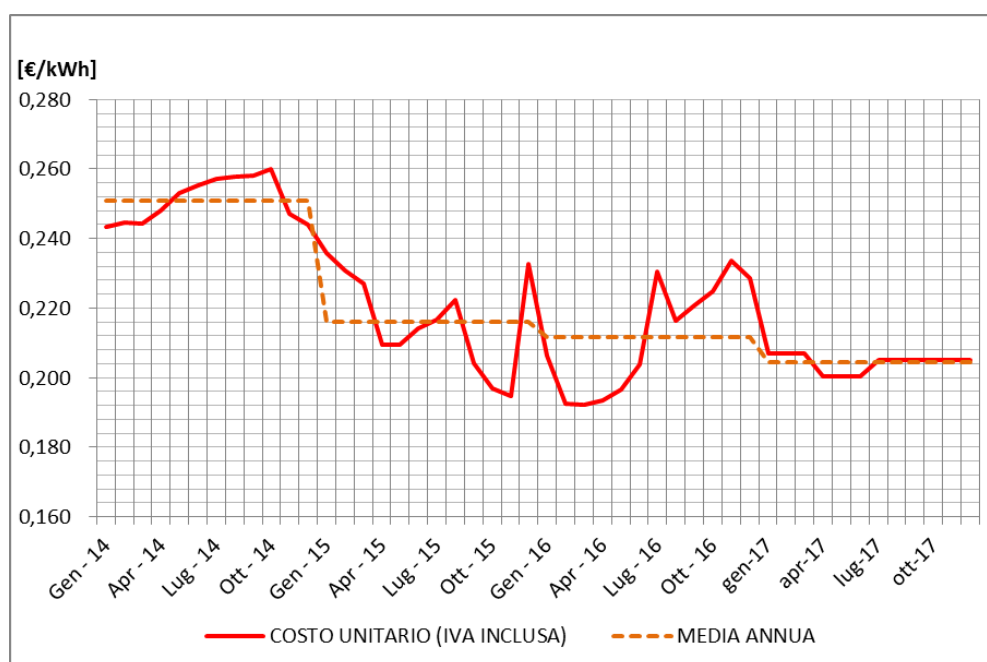
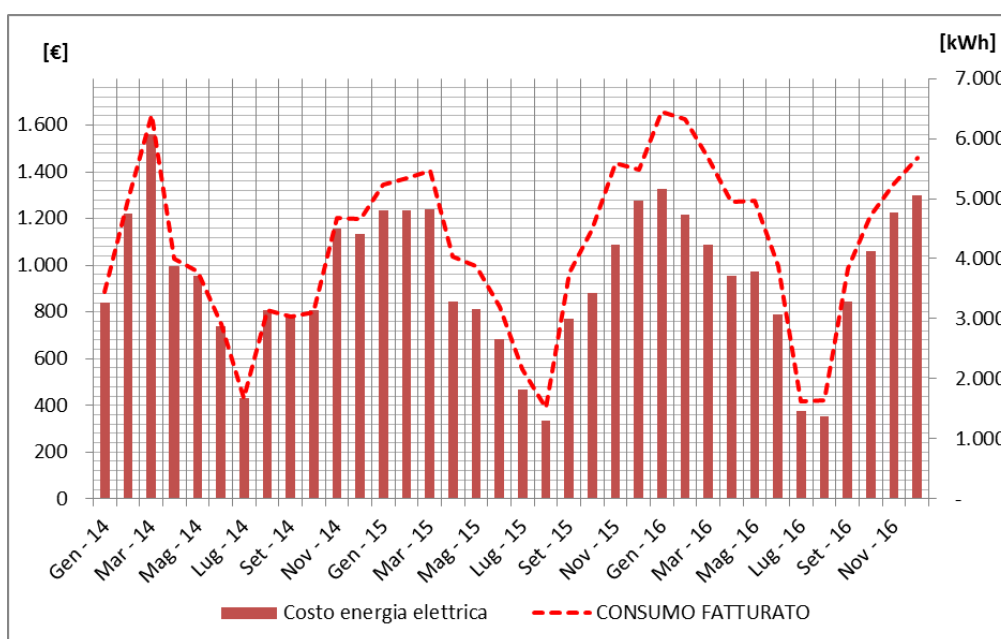


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi unitari medi dell’energia elettrica ha subito una riduzione progressiva nel corso degli anni. I costi unitari mensili oscillano al di sopra e al di sotto della media poiché influenzati dalla parte fissa degli oneri di sistema, quota che è sempre dovuta anche con pochi consumi energetici.

Dalla Figura 7.4 si può dedurre che i costi seguono sostanzialmente lo stesso andamento dei consumi elettrici e che con i fornitori del periodo 2015-16 la spesa è stata minore in proporzione al consumo.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	26667	6.376	0,24	€ 6.376,37
2015	56610	€ 5.283	€ 0,09	29048	5.429	0,19	€ 10.711,05
2016	59760	€ 4.628	€ 0,08	29286	5.493	0,19	€ 10.120,53
Media	58185	€ 4.955	€ 0,09	28334	5766	0,20	€ 9.069,32

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

- Il costo unitario del gas naturale è stato calcolato a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di maggior tutela per l’anno 2017, considerando i valori trimestrali di costo indicati per la Regione Liguria.

Cu_Q è stato ottenuto apportando una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela, in funzione del consumo annuo e della classe del

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

- Analogamente il costo unitario per l'energia elettrica è stato calcolato a partire dai costi trimestrali forniti da ARERA per il servizio di maggior tutela, riferiti al 2017 per “clienti non domestici”.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo al 2017 -5%	CU_Q	0,086 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo al 2017 -5%	CU_{EE}	0,219 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-233: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 1587 € +IVA.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione come fornito all'interno del file KyotoBaseline. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria C_{M0} e in una quota straordinaria C_{MS} , come segue:

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

$$C_{M0} = 0.9 \times C_M$$

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

Tabella 7.7.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o 1743	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa agli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s 194	[€/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:

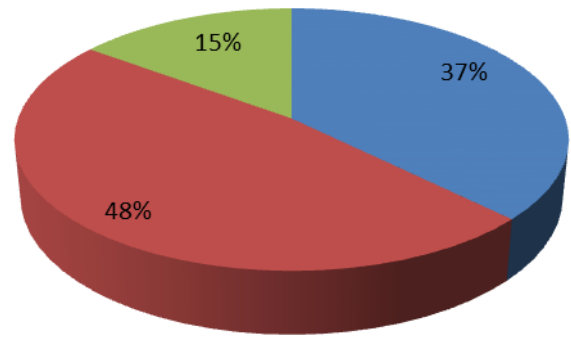
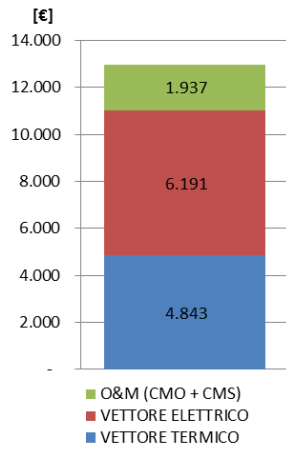
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 11.034 e un C_{baseline} pari a € 12.971.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
56.280	0,086	4.843	28.334	0,219	6.191	1.937	1.743	194	12.971

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

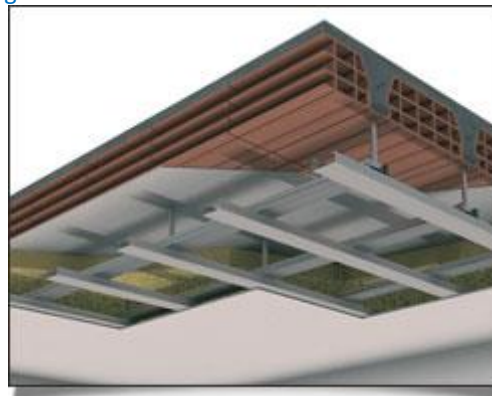
EEM1: Coibentazione solaio pavimento verso garage

Generalità

La misura prevede la coibentazione dei solai di pavimento che disperde verso un garage non riscaldato, mediante la posa di un controsoffitto sormontato da pannelli isolanti, da installarsi sul soffitto del garage sottostante, ipotizzando che la proprietà dello stesso sia del Comune. L'intervento permette di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali sovrastanti. La struttura esistente è in laterocemento che si presenta funzionale anche alla coibentazione sul lato interno, tuttavia in questa fase è stato scelto l'intervento dall'intradosso per i costi più contenuti che determinano un tempo di ritorno migliore.

La fattibilità tecnica dell'intervento è da verificare previo sopralluogo nell'autorimessa sottostante.

Figura 8.1 – Particolare controsoffitto coibentato



Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con:

- polistirene espanso sintetizzato (EPS), materiale leggero, con caratteristiche ignifughe adatte ad autorimesse e con bassi valori di conducibilità termica.
- controsoffitto con struttura metallica doppia distanziata dal solaio mediante sospensioni regolabili in acciaio e rivestimento in lastre di gesso rivestito ignifugo, con stuccatura dei giunti, degli angoli e delle teste delle viti.

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.

I pannelli coibenti possono essere posti in un unico strato aderente tra la struttura metallica ed il solaio, oppure semplicemente in appoggio sulle orditure metalliche del controsoffitto.

Per il corretto funzionamento dell'isolamento termico i pannelli devono essere integri e devono essere posati con i giunti ben accostati.

Occorre che l'utente sia informato del fatto che, qualora si voglia successivamente all'intervento sospendere qualcosa al soffitto (lampade ecc...), occorre utilizzare opportuni sistemi di fissaggio .

Descrizione dei lavori

Il materiale isolante al momento della posa deve essere asciutto. Nel caso vi sia presenza di umidità occorre verificare l'asciugatura del supporto prima di procedere alla posa.

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

Le verifiche importanti da svolgere sono visive durante la realizzazione dei lavori. Deve essere assicurato attraverso indagine visiva il corretto accostamento dei pannelli.

Dal punto di vista strumentale, a lavori conclusi e in un periodo di condizionamento un'eventuale indagine termografica dall'interno può verificare la presenza e uniformità del materiale isolante e

un'indagine di misura in opera della conduttanza può verificare il buon grado di isolamento della struttura.

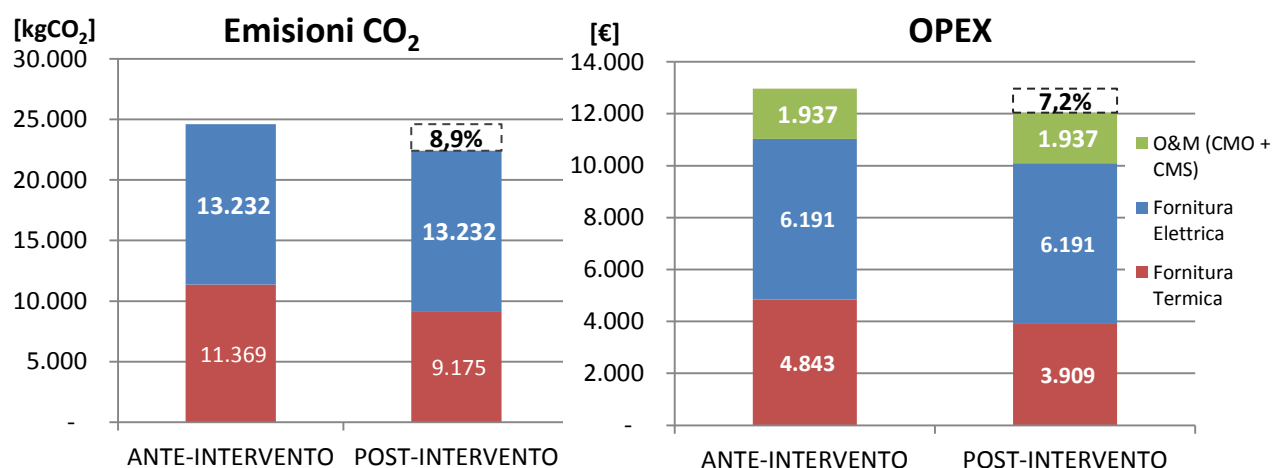
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione intradosso solaio di pavimento verso autorimessa

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza solaio]	W/mqK	1,1	0,28	-74,5%
$Q_{teorico}$	[kWh]	55.278	44.613	19,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	28.820	28.820	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	56.280	45.422	19,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.334	28.334	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.369	9.175	19,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.232	13.232	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	24.600	22.407	8,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	4.843	3.909	19,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	6.191	6.191	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.034	10.100	8,5%
C_{MO}	[€]	1.743	1.743	0,0%
C_{MS}	[€]	194	194	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	1.937	1.937	0,0%
OPEX	[€]	12.971	12.037	7,2%
Classe energetica (APE)	[-]	C	B	+1 Classe

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



8.1.2 Impianto riscaldamento e produzione ACS

L'impianto di riscaldamento combinato con la produzione di acqua calda sanitaria è costituito allo stato attuale da un generatore di calore a condensazione con rendimenti già abbastanza alti da non rendere conveniente economicamente una sua sostituzione.

Anche a livello di distribuzione e regolazione dell'impianto l'efficienza è alta data la recente costruzione della struttura e i dispositivi di regolazione installati.

8.1.3 Impianto di climatizzazione estiva

Attualmente l'impianto di climatizzazione centralizzato di cui è provvisto l'edificio non risulta funzionante. Il condizionamento è stato sostituito solo in pochi locali con split autonomi.

Si consiglia per finalità di comfort, date le alte temperature percepite d'estate secondo quanto comunicato dal personale, di rimettere in funzione l'impianto, con la sostituzione o manutenzione della macchina frigorifera attualmente installata.

Non è stato valutato l'intervento in quanto, poiché la climatizzazione non è in funzione da almeno 6 anni, non si otterrebbero miglioramenti dal punto di vista energetico su cui valutare i risparmi e la convenienza economico-finanziaria dello stesso.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM2: Sostituzione lampade con apparecchi LED

Generalità

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

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

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.

Figura 8.3 – Esempio comparativo lampade neon e LED



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

La maggiore efficienza dei tubi a LED consiste inoltre in una maggiore resa luminosa. I neon infatti emettono luce a 360° per cui parte di essa viene dispersa. Al contrario, i tubi a LED irradiano luce nel

ventaglio dei 120° sottesi all'elemento luminoso lineare, cosicché il 100% della luce prodotta viene sfruttata e diretta verso la superficie da illuminare, senza dispersioni e senza dover ricorrere ad altri elementi riflettenti. Questo, scheda tecnica alla mano, si traduce in una maggiore efficienza a parità di flusso luminoso rispetto ai comuni tubi al neon.

Descrizione dei lavori

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

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

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

Attualmente all'interno dell'edificio sono installate lampade fluorescenti di vecchia generazione tipo neon T8 di diversa potenza. All'esterno sono installati faretti alogeni di vecchia generazione che saranno sostituiti con LED equivalenti.

Nella tabella seguente si evidenziano le corrispondenze proposte tra lampade esistenti oggetto d'intervento e apparecchi o lampade a LED.

Tabella 8.2 – Comparazione lampade

STATO DI FATTO					PROGETTO					
DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIERE	NR LAMPADE /PLAFONIERA	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIERE	NR LAMPADE /PLAFONIERA	NUMERO LAMPADE TOT	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Faretti alogeni	8	1	200	1600	Faretti LED	8	1	8	47	376
T8 Fluorescenti 1X18	2	1	18	36	LED 1x10W	2	1	2	10	20
T8 Fluorescenti 1X36	2	1	36	72	LED 1x16W	2	1	2	16	32
T8 Fluorescenti 2X18	7	2	18	252	LED 2x10W	7	2	14	10	140
T8 Fluorescenti 2X36	16	2	36	1152	LED 2x16W	16	2	32	16	512
T8 Fluorescenti 4X18	40	4	18	2880	PANEL LED	40	-	-	32	1280
totale	75			5992	totale	75				2360

Prestazioni raggiungibili

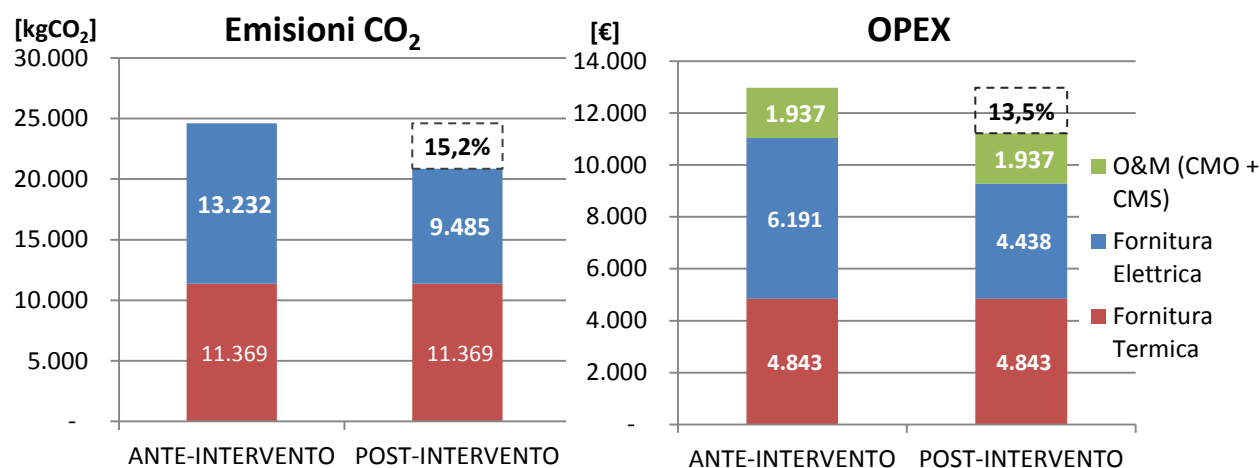
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.4.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Fabbisogno per illuminazione]	[W/m ² k]	16081	7921	50,7%
Q _{teorico}	[kWh]	55.278	55.278	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	28.820	20.660	28,3%
Q _{baseline}	[kWh]	56.280	56.280	0,0%

EE _{Baseline}	[kWh]	28.334	20.311	28,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.369	11.369	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.232	9.485	28,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	24.600	20.854	15,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.843	4.843	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.191	4.438	28,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.034	9.281	15,9%
C _{MO}	[€]	1.743	1.743	0,0%
C _{MS}	[€]	194	194	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.937	1.937	0,0%
OPEX	[€]	12.971	11.218	13,5%
Classe energetica	[-]	C	C	+0 classi

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



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Coibentazione solaio verso non riscaldato

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento del solaio di pavimento dell'asilo disperdente verso una zona non riscaldata con destinazione d'uso autorimessa.

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

Isolamento pavimenti (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
- Costo unitario calcolato: 50 €/mq

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione pavimento

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
				PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
B55004a	DEI - ristruttur. 2015	600	m2	€ 29	€ 26	€ 15.796	22%	€ 19.272
01.P09.A 01.045	Prezzario Regione Piemonte	600	m2	€ 5	€ 5	€ 2.967	22%	€ 3.620
01.A09.G 50.005	Prezzario Regione Piemonte	600	m2	€ 7	€ 6	€ 3.595	22%	€ 4.385
95.B10.S 20.020	Prezzario Regione Liguria	15	m2	€ 21	€ 19	€ 289	22%	€ 352
Costi per la sicurezza		-	3%	%		€ 679	22%	€ 829
Costi progettazione (in % su importo lavori)		-	7%	%		€ 1.585	22%	€ 1.934
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 24.912	22%	€ 30.392
Incentivi		[Conto termico]				€ 12.157		
Durata incentivi						€ 5		
Incentivo annuo						€ 2.431		

EEM2: Sostituzione lampade con apparecchi LED

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione delle lampade fluorescenti attualmente installate con lampade LED.

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

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq oppure 70.000 €;
- Costo unitario intervento = 34 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Retrofit illuminazione

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	UM	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
1E.06.060.0210.a	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 600 mm - flusso luminoso 825 lm potenza 10 w	Prezzario Milano	16	cad	€ 21	€ 340	22%	€ 415
1E.06.060.0210.c	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w	Prezzario Milano	34	cad	€ 31	€ 1.062	22%	€ 1.295
1E.06.060.0040.a	Proiettore orientabile da esterno / interno idoneo per impianti sportivi. Prodotto in conformità alle norme EN 60598 CEI 34-21, grado di protezione in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e telaio in alluminio pressofuso con sistemi alettati di raffreddamento, diffusore in vetro temperato spessore 5 mm resistente agli shock termici ed agli urti, verniciatura a polvere poliestere resistente alla corrosione e alle nebbie saline, completo di staffa in acciaio inox con scala goniometrica orientabile zincata e verniciata - ottica ad alto rendimento con recuperatori di flusso: grado di protezione IP65- IK08 - equipaggiato con lampade led 4000K 6400 Lm potenza 47 w	Prezzario Milano	8	cad	€ 257	€ 2.054	22%	€ 2.506
1E.06.060.0210.d	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 1600 mm - flusso luminoso 2065 lm potenza 24 w	Prezzario Milano	42	cad	€ 41	€ 1.713	22%	€ 2.090
1E.06.060.0120.b	Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione. Prodotto in conformità alle norme EN 60598-1 CEI 34-21, classe di isolamento I e grado di protezione IP40 - IK06 in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e cornice stampato in policarbonato bianco infrangibile ed autoestinguente, diffusore estruso in tecnopolimero opale ad alta trasmittanza, completa di sistema dimmer; equipaggiata con lampada led 4000K 3700 lm potenza 31 w, modulo da: 600 x 600 mm	Prezzario Milano	40	cad	€ 222	€ 8.879	22%	€ 10.832
TOTALE PARZIALE						€ 14.048	22%	€ 17.138
Costi per la sicurezza		-	3%	%		€ 421	22%	€ 514

Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€ 983	22%	€ 1.200
TOTALE (I₀ – EEM2)				€ 15.453	22%	€ 18.852
Incentivi						€ 7.541
			Conto termico			
Durata incentivi						5
Incentivo annuo						€ 1.508

Nota: i costi delle lampade sono comprensivi di montaggio e smontaggio dell'esistente, compreso lo smaltimento

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

- FC_n è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- f è il tasso di inflazione;

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Coibentazione del solaio di pavimento

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

Tabella 9.3 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione pavimento

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	30.392
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	2.431
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	28,2	16,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	46,5	30,3
Valore attuale netto	VAN	- 11.093	- 269
Tasso interno di rendimento	TIR	0,2%	3,9%
Indice di profitto	IP	-0,36	-0,01

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

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

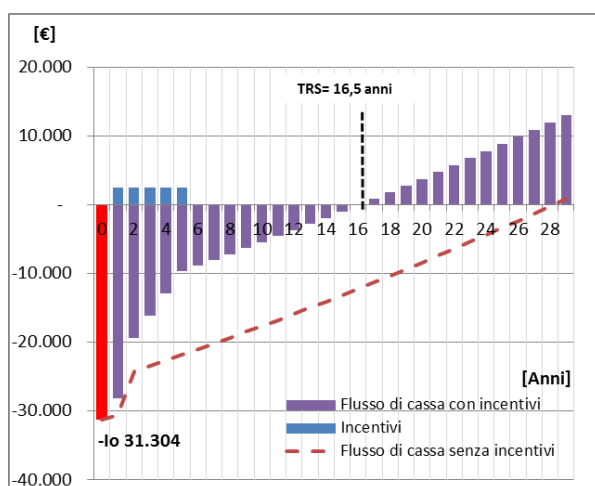
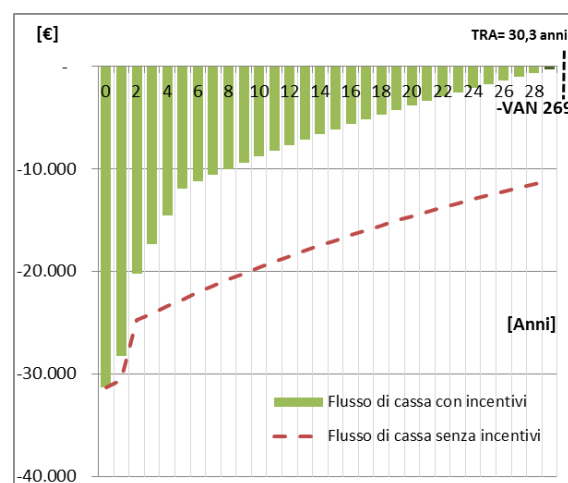


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un ritorno economico semplice sufficiente nel caso con incentivi, risulta invece non conveniente il tempo di ritorno attualizzato che va appena oltre la vita utile del componente.

EEM2: Sostituzione lampade con apparecchi LED

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

Tabella 9.4 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– Luci a LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	18.852
Oneri Finanziari %Io	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	1.508
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	10,5	5,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,8	7,7
Valore attuale netto	VAN	221	6.935
Tasso interno di rendimento	TIR	4,2%	10,6%
Indice di profitto	IP	0,01	0,37

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

Figura 9.3 –EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

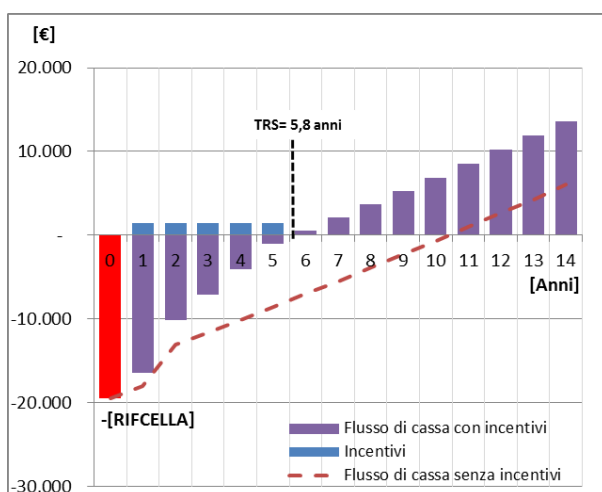
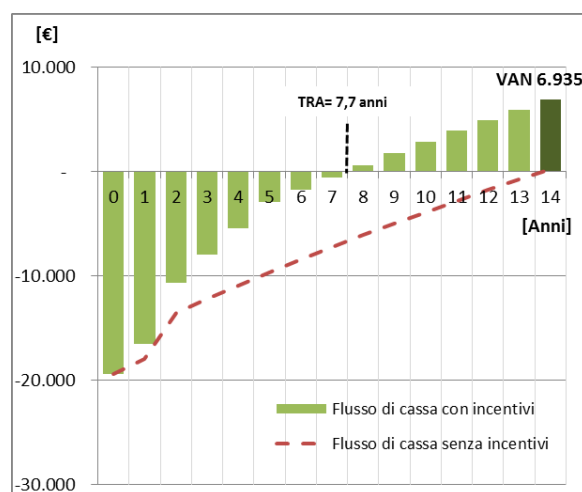


Figura 9.4 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un buon ritorno economico rispetto alla vita utile delle apparecchiature installate, sia senza che con incentivo. Si consideri che nel presente intervento è stata considerata la sostituzione dell’intera plafoniera, sia per i 4x18W sia per i faretto esterni. Verificando la fattibilità tecnica del solo cambio delle lampade nelle plafoniere quadrate 4x18W i costi sarebbero notevolmente ridotti, rendendo ancora più conveniente l’intervento. Si noti che è stata adottata una vita utile delle lampade pari a 15 anni, derivante dal rapporto tra la durata in ore delle lampade LED (almeno 30.000 ore) e la stima di accensione annua delle luci nella scuola (circa 2.000 ore).

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.5 e Tabella 9.6.

Tabella 9.5 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

		SENZA INCENTIVI											
		% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_e	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
		[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM Pavimento	1:	12,8%	8,9%	934	0	0	30392	28,2	46,5	30	-11093	0,2%	-0,36
EEM Illuminazione	2:	9,5%	15,2%	1753	0	0	18852	10,5	13,8	15	221	4,2%	0,37

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che l'intervento sull'involucro ha tempi di ritorno molto lunghi rispetto all'intervento sull'illuminazione. Inoltre quest'ultimo presenta maggiori risparmi di emissioni di CO₂ e di costi energetici.

Tabella 9.6 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

		CON INCENTIVI											
		$\% \Delta_E$	$\% \Delta_{CO_2}$	Δ_{CE}	Δ_{CMO}	Δ_{CMS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
		[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM Pavimento	1:	12,8%	8,9%	934	0	0	30392	16,5	30,3	30	-269,0	3,9%	-0,01
EEM Illuminazione	2:	9,5%	15,2%	1753	0	0	18852	5,8	7,7	15	6935	10,6%	0,37

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi sull'involucro hanno tempi di ritorno economici molto lunghi. Tuttavia questi potrebbero essere presi in considerazione in caso di manutenzione straordinaria sul componente o insieme ad altri interventi in uno scenario unico di miglioramento energetico delle prestazioni dell'edificio. Gli interventi impiantistici risultano essere invece molto efficaci grazie agli incentivi, con tempi di ritorno attualizzati brevi rispetto alla loro vita utile.

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

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del 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 intendono accettabili le soluzioni che verificano i seguenti scenari economici:

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: TRS<15 ANNI:** tale scenario consiste nell'efficientamento dell'impianto di illuminazione attraverso la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con altri ad altissima efficienza. Oltre alla valutazione economica riportata al Capitolo 9, si procede con una valutazione finanziaria più dettagliata nel presente capitolo.
- **Scenario 2: TRS<25 ANNI:** tale scenario non è stato sviluppato in quanto i bassi risparmi dei costi energetici conseguibili dagli interventi ipotizzati, maggiormente fattibili da un punto di vista di efficientamento energetico, non permettono alla committenza di ripagare l'investimento entro i termini di vita utile dell'intervento. Inoltre i parametri finanziari sopra descritti non rendono remunerativo l'investimento da parte di un ipotetico azionista. Tale circostanza è da riscontrarsi nelle già buone prestazioni dell'edificio di recente costruzione.

9.3.1 Scenario 1: TRS < 15 ANNI

La realizzazione dello scenario 1 consiste nell'intervento di efficientamento dell'impianto di illuminazione esistente, già trattato al Capitolo 9 a cui si fa riferimento per i dettagli dei costi d'investimento e dell'importo incentivabile dal Conto Termico e che per comodità si riporta nella seguente tabella.

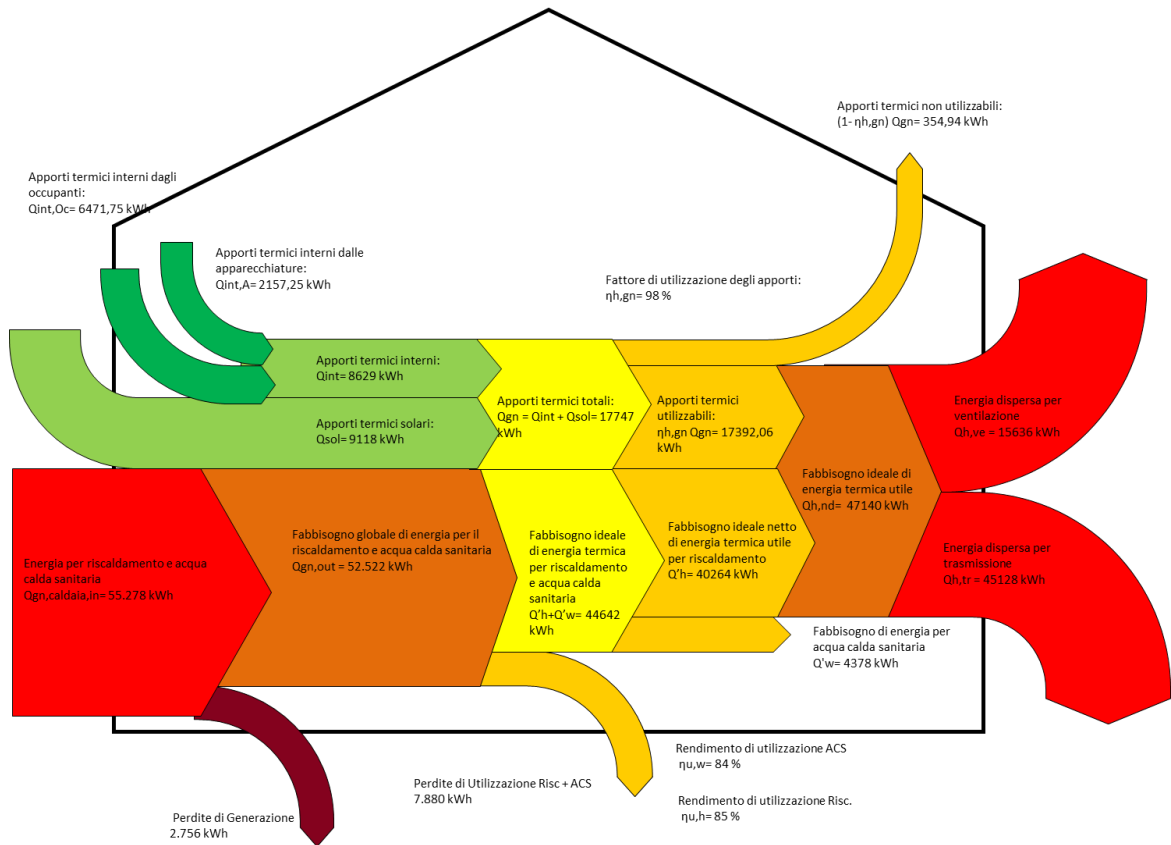
Tabella 9.7 – Costi investimento scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM5 FPO lampade LED	14.048	3.091	17.138
Costi per la sicurezza	421	93	514
Costi per la progettazione	983	216	1.200
TOTALE (I₀)	15.453	3.400	18.852
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	0	0	0
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	7.541	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		1.508	

L'incentivo complessivo è stato valutato secondo quanto riportato nell'Allegato I del Conto Termico 2.0, si veda il Capitolo 9 per i dettagli.

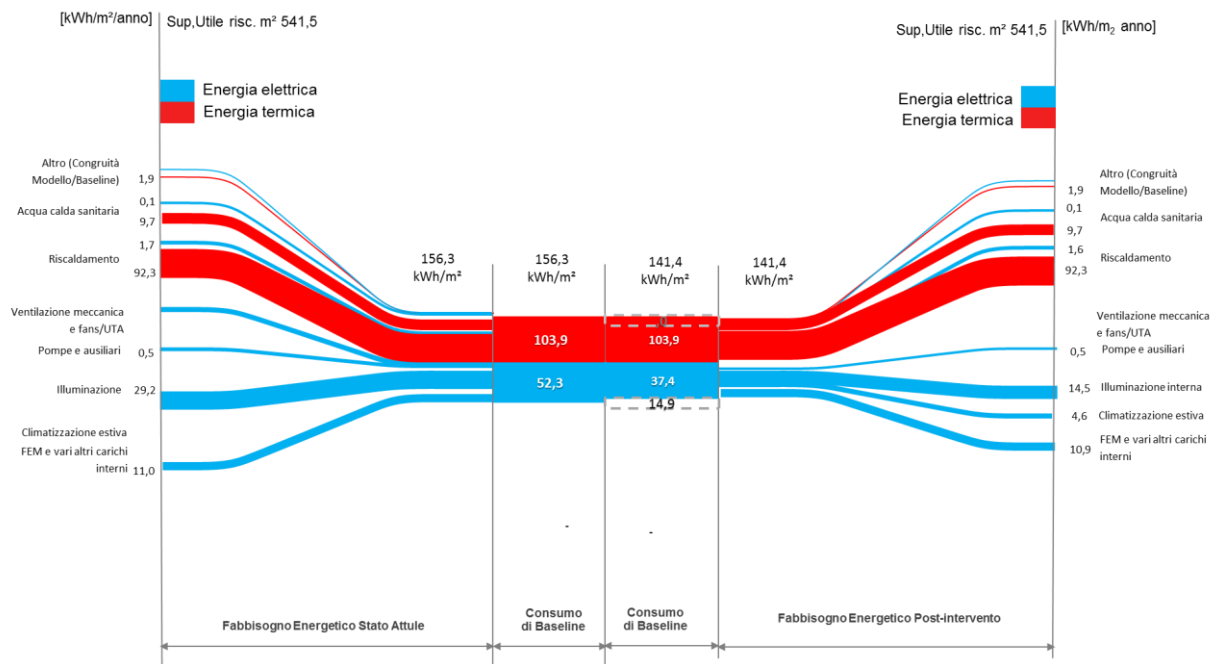
A seguito della modellazione dello scenario è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post- intervento.

Figura 9.5 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che le prestazioni termiche non si modificano rispetto allo stato di fatto in quanto l’intervento influisce unicamente sui fabbisogni elettrici.

Figura 9.6 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



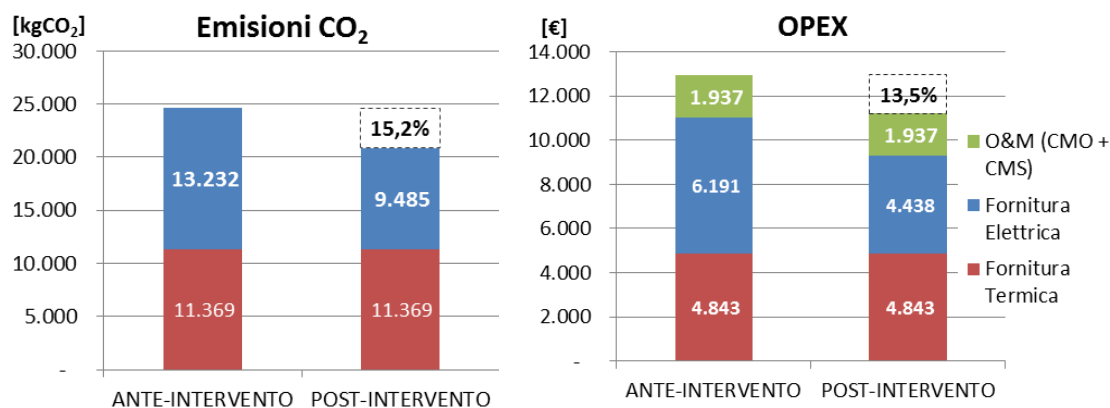
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.8 e nella

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Fabbisogno per illuminazione]	[W/m ² K]	16081	7921	50,7%
Q _{teorico}	[kWh]	55.278	55.278	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	28.820	20.660	28,3%
Q _{baseline}	[kWh]	56.280	56.280	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	28.334	20.311	28,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.369	11.369	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.232	9.485	28,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	24.600	20.854	15,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.843	4.843	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.191	4.438	28,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.034	9.281	15,9%
C _{MO}	[€]	1.743	1.743	0,0%
C _{MS}	[€]	194	194	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.937	1.937	0,0%
OPEX	[€]	12.971	11.218	13,5%
Classe energetica (APE)	[-]	C	C	+0 classi

Figura 9.7

Tabella 9.8 – Risultati analisi SCN1 – TRS <15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Fabbisogno per illuminazione]	[W/m ² K]	16081	7921	50,7%
Q _{teorico}	[kWh]	55.278	55.278	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	28.820	20.660	28,3%
Q _{baseline}	[kWh]	56.280	56.280	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	28.334	20.311	28,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.369	11.369	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.232	9.485	28,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	24.600	20.854	15,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.843	4.843	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.191	4.438	28,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.034	9.281	15,9%
C _{MO}	[€]	1.743	1.743	0,0%
C _{MS}	[€]	194	194	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.937	1.937	0,0%
OPEX	[€]	12.971	11.218	13,5%
Classe energetica (APE)	[-]	C	C	+0 classi

Figura 9.7 - 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 9.9, Tabella 9.10 e Tabella 9.11 e nelle successive figure.

Tabella 9.9 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– TRS<15 ANNI

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	n_i		1
Anni Gestione Servizio	n_s		14
Anni Concessione	n		15
Anno inizio Concessione	n_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		9
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€	18.852
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	566
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	19.418
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	15.534
Equity	I_E	€	3.884
Fattore di annualità Debito	FA_D		7,61
Rata annua debito	q_D	€	2.042
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	18.380
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	2.845

Tabella 9.10 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	9.044
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	1.587
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	10.631
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		15,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	654
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	16.613
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	1.721
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		-11,19%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	155
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	203
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	606
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	1.648
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	8.330
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	9.977
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	654
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	10.631
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	3.400
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	7.541
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.11 – 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.		10,39
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	-	41,36
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€	2.069
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		0,89%
Indice di Profitto	IP		-10,97%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		20,35
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		36,58
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€	1.393
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		#NUM!
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,008
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1		0,644
Indice di Profitto Azionista	IP		-7,39%

Figura 9.8 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



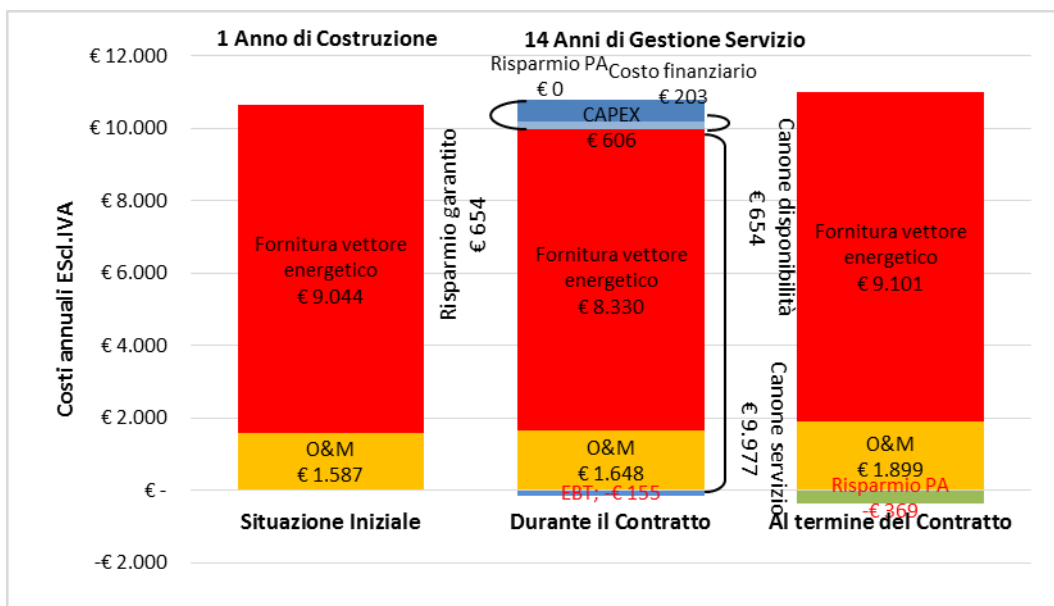
Figura 9.9 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Come si potrà notare dai risultati derivanti dal PEF, l'intervento non risulta finanziariamente sostenibile a causa del basso risparmio economico sui costi energetici e con l'applicazione degli indici finanziari posti come ipotesi. Tuttavia, si fa notare che con un investimento diretto da parte della PA o diversificando i fattori di valutazione finanziaria, l'intervento potrebbe risultare conveniente.

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 9.10.

Figura 9.10 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract

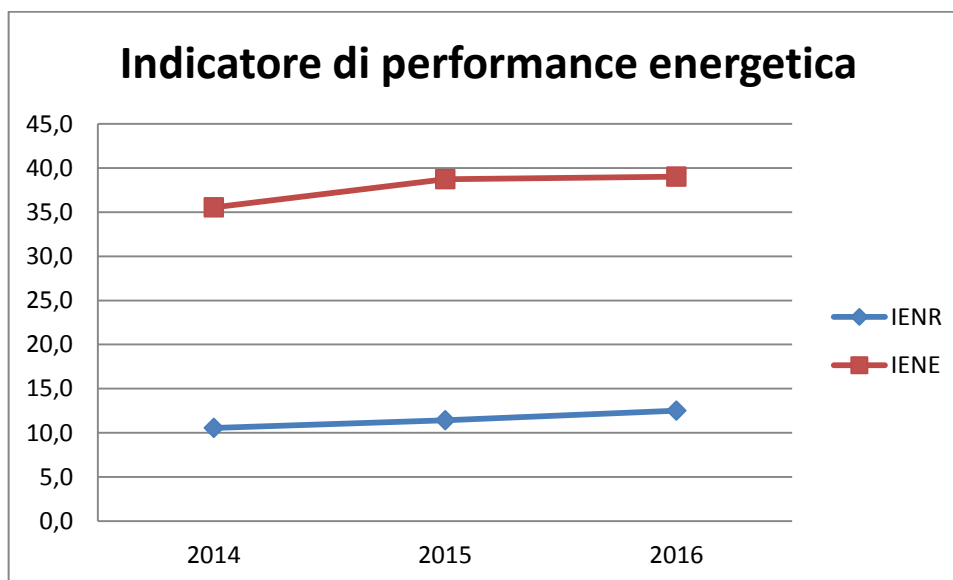


10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Nel presente documento sono stati individuate 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 C, se confrontato con il relativo edificio di riferimento.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	222.4	208.6
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	139.7	138.3
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	10.7	10.6
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	13.1	10.5
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	11.5	9.3
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	49.5	39.9
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	44	

Nella

Tabella 10.2 sono invece riportati gli indici di prestazione energetica ricavati a seguito della valutazione dello scenario di intervento descritto 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	206,89	194,50
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	139,68	138,31
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	10,65	10,61
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	13,05	10,52
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	11,51	9,27
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	32,00	25,79
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	41	

Nella tabella precedente si possono vedere in dettaglio i risultati sugli indicatori di prestazione energetica calcolati in modalità di funzionamento standard, che determinano il miglioramento della classe energetica conseguente alla realizzazione dello scenario 1.

Tabella 10.3- Comparazione Classi energetiche dello SdF e degli Scenari calcolati in modalità standard (APE)

Descrizione	Cat. DPR 412	Sup. netta risc [mq]	Volume lordo risc [mc]	E _{pgl,nren}	U.M.	Classe energetica	Miglioramento
Stato di Fatto				208,6	kWh/m ² anno	C	-
Scenario 1 TRS<15anni	E.7	542	2.458	194,5	kWh/m ² anno	C	+0 classi

Come si può notare, nonostante un miglioramento degli indici di prestazione energetica grazie alla realizzazione dello scenario di riqualificazione energetica, non è comunque possibile registrare un salto di classe energetica. Ciò è dovuto ad un cambio dell’edificio di riferimento rispetto allo stato di fatto, in quanto tale edificio viene calcolato in base agli stessi consumi per illuminazione dell’edificio analizzato. Poiché è stato valutato un intervento di relamping con LED, i consumi dovuti ai fabbisogni elettrici diminuiscono, portando ad una nuova redistribuzione delle classi dell’edificio.

10.2 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. Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.
Apparecchiature elettriche	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le	Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell’edificio è possibile spegnere manualmente le

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.</p>	<p>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>
<p>Climatizzazione</p>	<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>Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</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> <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>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<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>L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno.</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.</p> <p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio 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> <p>Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.</p>
<p>Illuminazione</p>	<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</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
		poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni). Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in buone condizioni manutentive, e con componenti di involucro e di impianto sufficientemente performanti essendo l'immobile di recente costruzione.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari.

Data la particolare conformazione performante dell'edificio è risultato difficile ipotizzare interventi che abbiano una fattibilità tecnico-economica soddisfacente.

L'intervento col maggiore rapporto costi-benefici è stato individuato nel relamping dell'impianto di illuminazione esistente. Potrebbe essere percorribile anche la coibentazione del solaio di pavimento che dà verso un'autorimessa non riscaldata, anche se, dati i bassi risparmi assoluti di energia, l'intervento non risulta conveniente dal punto di vista finanziario.

Si ricorda che per esigenze di comfort, date le alte temperature percepite in estate all'interno della scuola, è auspicabile rimettere in funzione l'impianto di condizionamento centralizzato che risulta fuori uso da circa 6 anni.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco fatture vettori energetici		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoA-Elenco fatture
Elenco documenti forniti dalla committenza		DE_Lotto.1_E1858_revB-AllegatoA-Elenco doc committenza

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Planimetrie ubicazione impianti, contatori, zone termiche, misure, etc.		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoB-Planimetrie
Dettaglio calcoli		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoB-Grafici_Template
Analisi consumi gas		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoB-Analisi consumi GAS
Analisi consumi energia elettrica		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoB-Analisi consumi EE
Schema a blocchi impianto elettrico		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoB-Schema a blocchi elettrico
Schema impianto termico		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoB-Schema impianto termico
Planimetrie e Visure catastali		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoB-Planimetrie e visure catastali

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Relazione analisi termografica		DE_Lotto.1_E1858_revB-AllegatoC-Report termografico

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche e strumentali		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoD-Report strumentali

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo modellazione		DE_Lotto.1_E1858-revB-AllegatoE-Relazione dettaglio calcoli

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione CTI Edilclima		DE_Lotto.1-E1858_revA-AllegatoF-CertCTI

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Stato di Fatto		DE_Lotto.1_E1858_revB-AllegatoG-APE SDF

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Scenario 15 anni		DE_Lotto.1_E1858_revB-AllegatoH-APE SCN1

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici reali - stazione meteo Centro funzionale		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoI-GG Centro funzionale

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede Audit Livello II AICARR		DE_Lotto.1-E1858_revB-AllegatoJ-Schede Audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
A3.4 - Partizioni orizzontali - isolamento all'intradosso della copertura		DE_Lotto.1-E1858_revA-AllegatoK-A3.4_isolamento intradosso
L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza		DE_Lotto.1-E1858_revA-AllegatoK-L1_Illuminazione

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario due scenari		DE_Lotto.1_E1858_revB-AllegatoL-AnalisiPEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark		DE_Lotto.1-E1858_revA-Allegato M_Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM