

ASILO NIDO “CAMELOT”

E1662

Via Giovanni Boine 32 e Via Umberto Fracchia 13

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 “CAMELOT”

E1662

Via Giovanni Boine 32 e Via Umberto Fracchia 13

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Agosto/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

NIER INGEGNERIA S.p.A.

Via Clodoveo Bonazzi 2

40013 – Castel Maggiore – Bologna

051/0391000

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	30/03/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Prima emissione del documento di diagnosi energetica
B	03/08/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Seconda emissione del documento di diagnosi energetica

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

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

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL'EDIFICIO	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	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 ESTRAZIONE FORZATA.....	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.6 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>	30
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	34
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	38
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	44



7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	44
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	44
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	48
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	52
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	53
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	54
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	56
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	56
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	56
	EEM1: COIBENTAZIONE COPERTURA LATO INTERNO CON CONTROSOFFITTO	56
	EEM2: ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO INTERNO	58
	8.1.2 <i>Impianto riscaldamento</i>	59
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	59
	8.1.3 <i>Impianto di produzione ACS</i>	61
	8.1.4 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	61
	EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	61
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	64
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	64
	EEM1: COIBENTAZIONE COPERTURA LATO INTERNO CON CONTROSOFFITTO	64
	EEM2: ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO INTERNO	65
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	65
	EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	66
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	67
	EEM1: COIBENTAZIONE COPERTURA LATO INTERNO CON CONTROSOFFITTO	69
	EEM2: ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO INTERNO	70
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	71
	EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED	72
	SINTESI	73
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	74
9.3.1	<i>Scenario 1: TRS < 15 ANNI</i>	77
9.3.2	<i>Scenario 2: TRS < 25 ANNI</i>	83
10	CONCLUSIONI	89
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	89
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	90
10.3	RACCOMANDAZIONI	92
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	94
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1



ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE:

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		[1955]
Anno di ristrutturazione		[-]
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso (da DPR 412/93)		[E.7 (Scuole)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	528
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.297
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.262
Rapporto S/V	[1/m]	0,57
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	644
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	262
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	906
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	81,4
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore autonomo a gas metano
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	20,22
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{ti} /anno]	68.326
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	5.252
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	13.748
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	4.155

Nota (0): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione copertura lato interno con controsoffitto
- EEM 2: Isolamento pareti con cappotto interno
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione lampade con apparecchi LED
- SCN 1: Installazione di valvole termostatiche sui radiatori e sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED
- SCN 2: Coibentazione interna delle pareti verticali, installazione di valvole termostatiche sui radiatori e sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

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

	CON INCENTIVI													
	% ΔE	% Δ_{CO2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{M_s}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLC R
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/a nno]	[€]	[anni]	[anni]	[ann i]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1: Copertura	7,3%	6,2%	514	0	0	18878	18,0	32,1	30	-1244	3,1%	-0,07	n/a	n/a

E1662 – Asilo nido “Camelot”

EEM 2: Cappotto interno	10,3%	8,7%	728	0	0	22628	15,7	27,9	30	319	4,2%	0,01	n/a	n/a
EEM 3: Valvole termostatiche	11,3%	10,1%	882	0	0	5617	4,0	4,6	15	5456	19,0%	0,97	n/a	n/a
EEM 4: Corpi illuminanti	2,7%	5,2%	621	0	0	3889	4,0	4,6	15	3875	19,3%	1,00	n/a	n/a
SCN 1 (TRS<15 ANNI)*	17,6%	18,2%	1744	0	0	9506	3,4	4,6	15	795	23,4%	0,114	1,147	1,27
SCN 2 (TRS<25 ANNI)*	27,5%	26,5%	2434	0	0	32134	16,0	2,7	25	835	7,0%	0,026	1,022	0,27

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

Figura 0.1– Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L’edificio oggetto di diagnosi risale alla metà degli anni 50, ed ha subito qualche ristrutturazione nel corso degli anni, tra cui la sostituzione degli infissi nel 2008 e l’installazione di una caldaia a condensazione per il riscaldamento nel 2014. Tali caratteristiche hanno reso già discrete le performance energetiche complessive dello stato di fatto, classificando l’edificio in Classe D. Nella presente Diagnosi sono stati proposti gli interventi di efficientamento che meglio possono rispondere alle esigenze di riduzione delle emissioni di CO2 e allo stesso tempo, risultino sostenibili dal punto di vista economico-finanziario.

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

In ottica di una riqualificazione importante dal punto di vista della riduzione dei consumi, bisognerebbe operare integrando più interventi energetici tra loro. In questa prospettiva, purtroppo, soltanto il primo scenario proposto risulta conveniente anche sul piano economico-finanziario.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Est



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

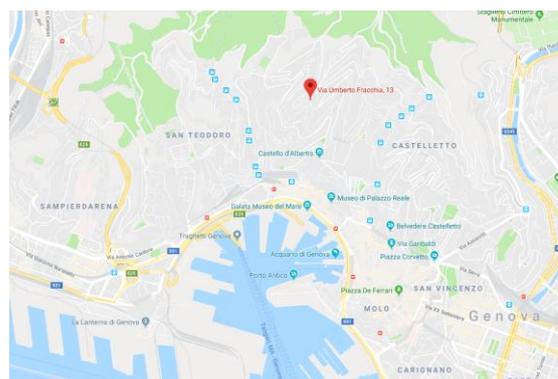
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Ing. Mara Pignataro		Sopralluogo in sito
Ing. Mara Pignataro		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Mara Pignataro		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Mara Pignataro		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 GEC F. 5 Mapp. 797 Sub. 1 e 2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Oregina, con doppia entrata in Via Giovanni Boine 32 e Via Umberto Fracchia 13.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito ad Asilo Nido.

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		[1955]
Anno di ristrutturazione		[-]
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		[E.7 (Scuole)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	528
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.297
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.262
Rapporto S/V	[1/m]	0,57
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	552
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	644
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	262
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	906
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	81,4

Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore autonomo a gas metano
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	20,22
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	68.326
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	5.252
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	13.748
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	4.155

Nota (1): Valori di Baseline

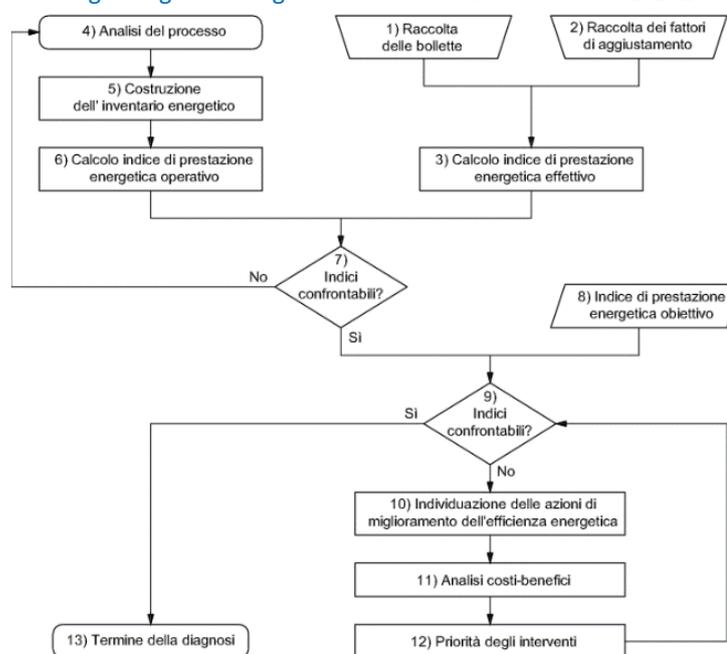
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 13/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assista, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo del Centro Funzionale e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;

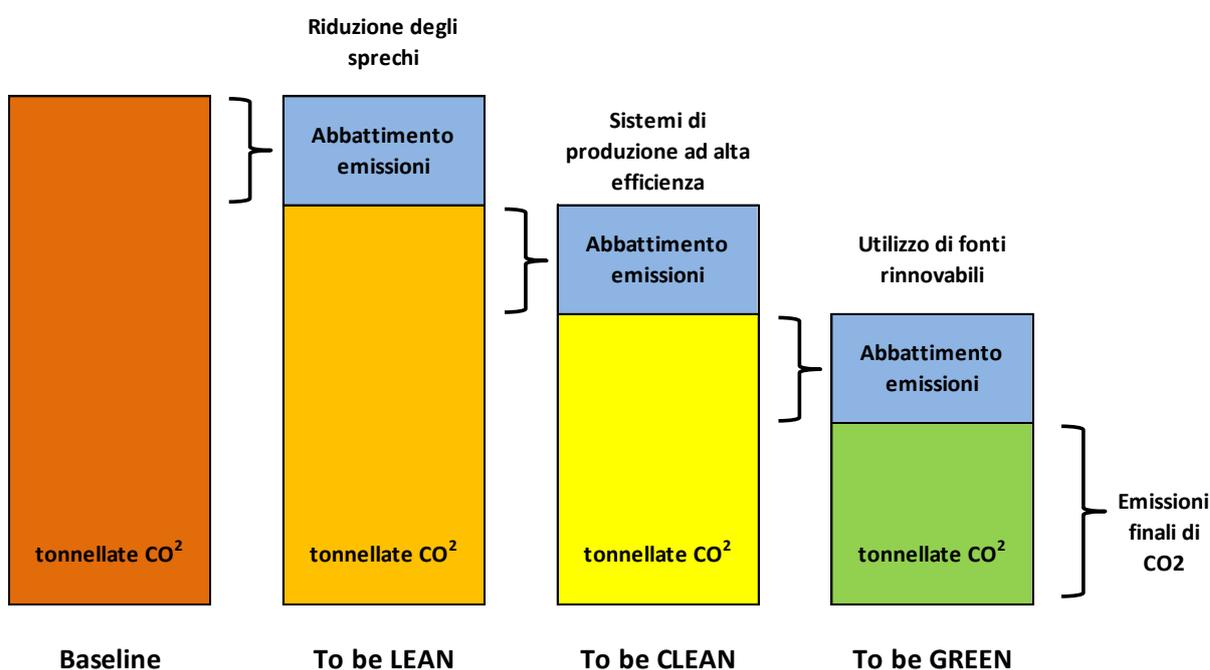
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

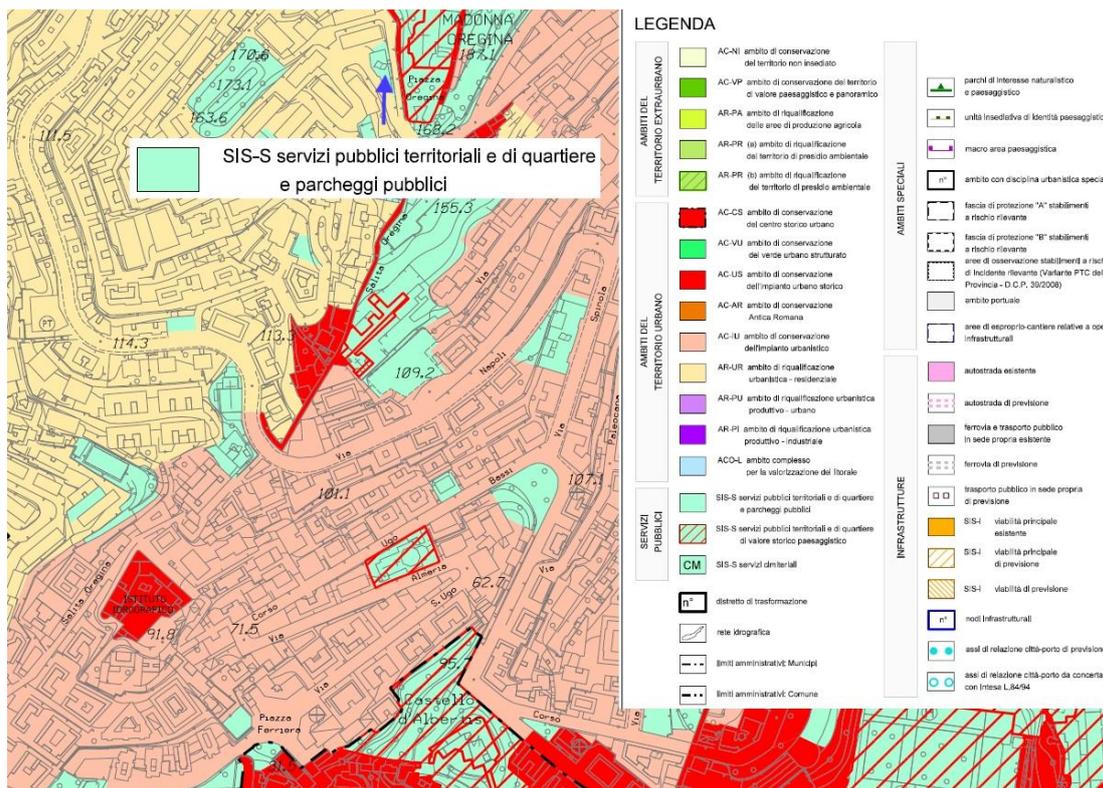
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicato l'asilo nido “Camelot” risale all'incirca a metà degli anni '50 per essere adibito a struttura con finalità assistenziali e gestita dall'ente OMNI (Opera Nazionale Maternità e Infanzia). L'edificio accoglieva, accanto al servizio asilo anche un ambulatorio medico rivolto alle madri. Dal 1971 la gestione passa al Comune di Genova e si trasforma in solo servizio educativo. Negli anni '80 probabilmente l'edificio ha subito una ristrutturazione e un ampliamento, con un aumento di organico del personale educativo dell'asilo, ed a questo periodo risale la scelta del nome “Camelot”, la città fortificata di re Artù teatro di imprese eroiche e gloriose. Pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente l'edificio ricade nella destinazione d'uso E.7 – Scuole di ogni genere e tipo.

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

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da due piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie aule, la cucina, il refettorio e tutte le attività collegate alla destinazione d’uso specifica della struttura. Al piano interrato sono presenti alcuni locali tecnici in disuso.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Interrato	Locali tecnici non riscaldati	[m ²]	50	0	0
Terra	Ingresso, aule, servizi	[m ²]	329	290	0
Primo	Aule, cucina, ripostigli, refettorio, servizi	[m ²]	265	238	0
TOTALE		[m ²]	644	528	0

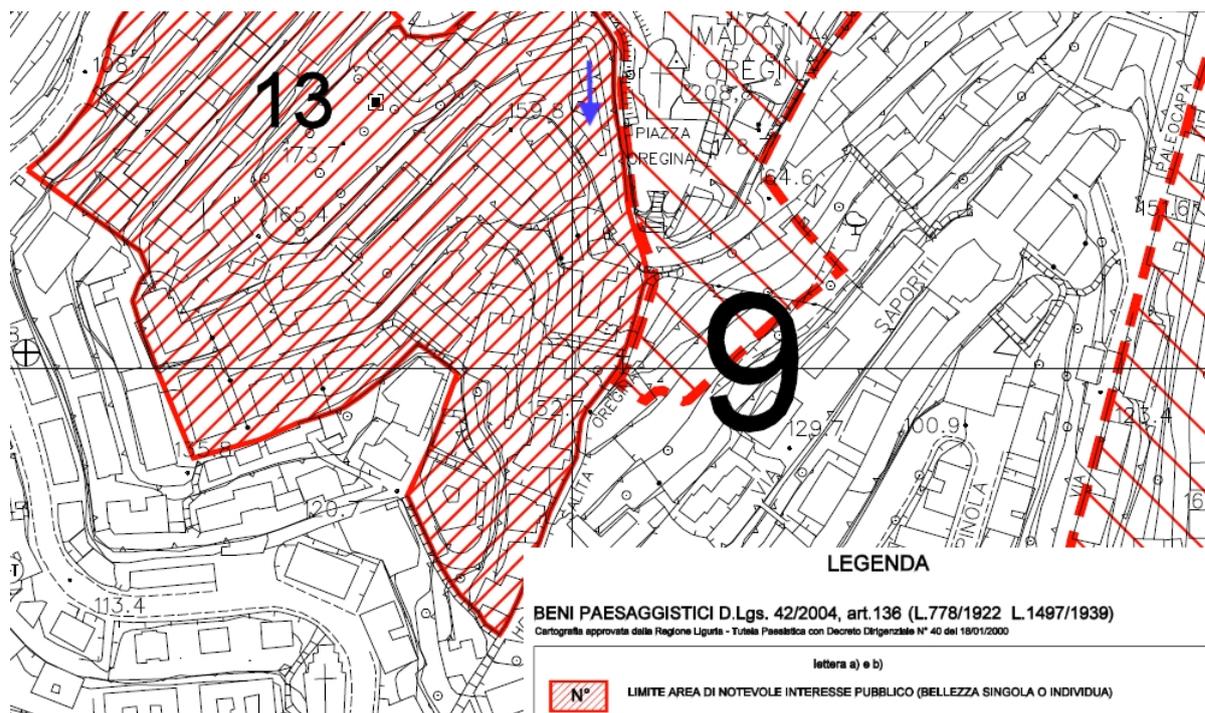
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

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

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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

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

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

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA (4)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Coibentazione interna solaio di copertura	-		-
EEM 2: Cappotto interno pareti perimetrali	-		-
EEM 3: Installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 4: 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.

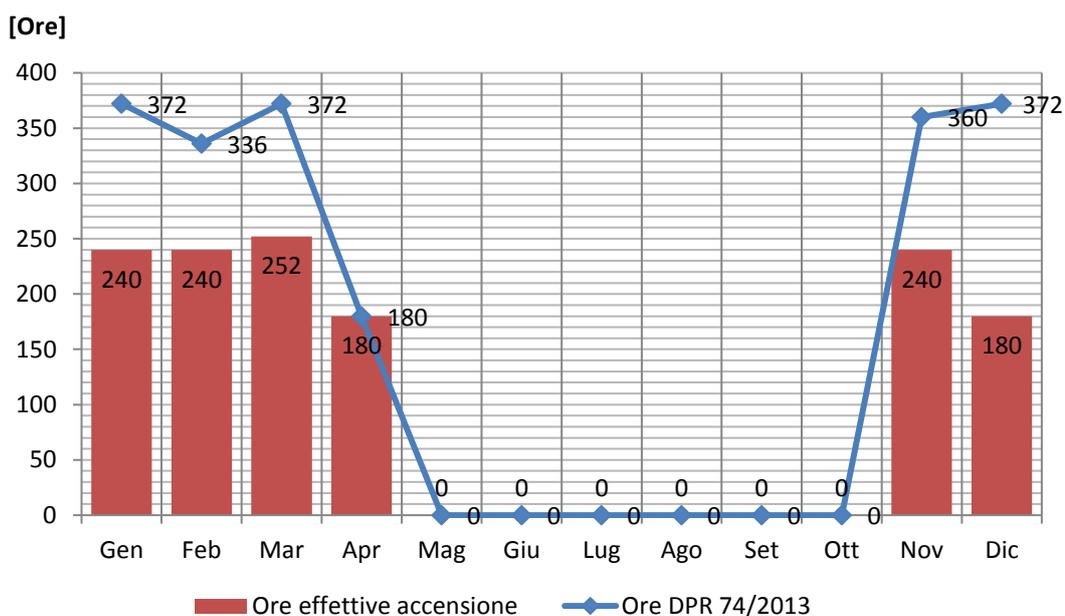
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati dalle apparecchiature presenti nella centrale termica a servizio della scuola.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO 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 abbastanza coincidenti con gli orari di apertura della scuola. Lo spegnimento dell’impianto posticipato di mezz’ora dipende anche dalla presenza del personale che si ferma all’interno della struttura per operazioni di pulizia. Pertanto gli orari sembrano in generale coerenti con l’effettivo soddisfacimento dei fabbisogni di confort interno dell’edificio. Lo spegnimento dell’impianto per l’intero fine settimana porta ad un raffreddamento eccessivo degli ambienti tale per cui il lunedì mattina non si raggiungono in fretta le temperature di confort impostate, come raccontato durante le interviste al personale della scuola.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l’affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte

le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l'assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi.

Ove presenti, all'interno del contratto di Servizio Energia sono stati inseriti la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di climatizzazione estiva.

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

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

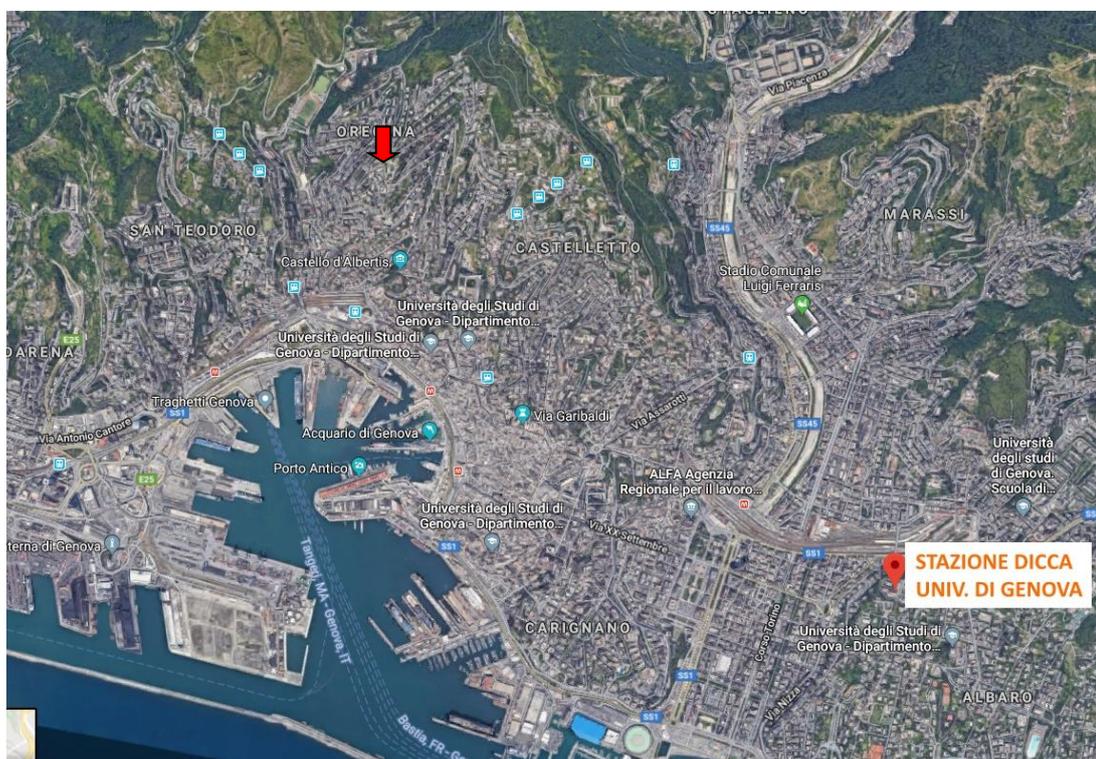
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle 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 160 m slm, sono stati comunque utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili rispetto alla centralina di Castellaccio posta a circa 360 m sul livello del mare e maggiormente esposta ai venti, al contrario del nostro edificio che si trova in una zona protetta dall’edificato circostante.

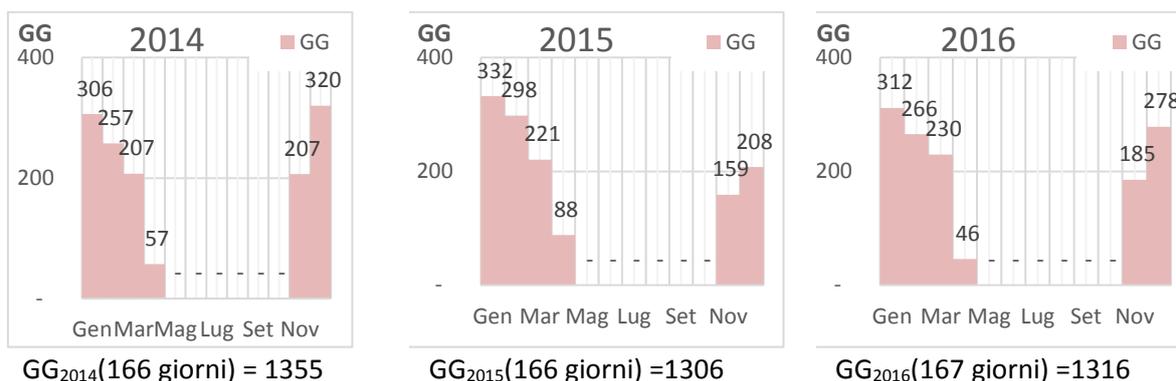
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

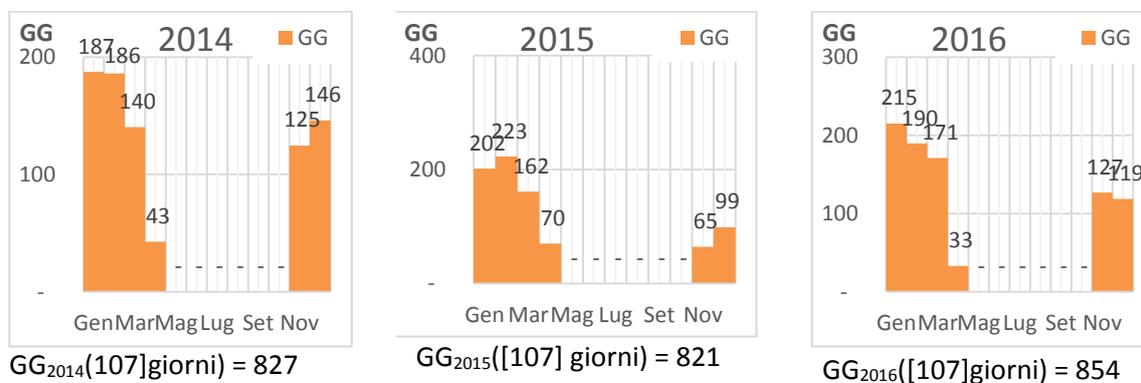


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto 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 è sostanzialmente composto da un'unica struttura mista con telaio in cemento armato e tamponamenti in muratura, ed alcuni setti in muratura portante come parte della parete esposta a nord e l'interrato.

Le finestre a nastro sul lato est fanno pensare ad una struttura a telaio con architrave in c.a., così come i pilastri aggettanti sul lato ovest.

Gli infissi sono stati sostituiti intorno al 2008 e sono costituiti da telaio in metallo e vetrocamera con tapparelle in plastica.

La copertura dell'edificio è piana in laterocemento con rivestimento in guaina bituminosa e ospita un piccolo vano tecnico in disuso.

Parte del primo piano, sul lato sud, è occupato da un terrazzo pavimentato con struttura in laterocemento.

Date le condizioni di temperatura esterna molto calda non è stato possibile effettuare rilievi termografici sulla parete ovest.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro esposta a sud-ovest



Figura 4.2 - Particolare della facciata est con finestre a nastro



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 nelle strutture interrato

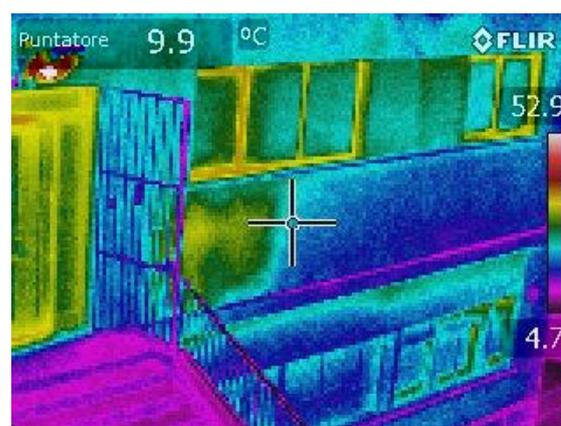
La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- La struttura opaca risulta abbastanza omogenea per fasce orizzontali con pochi ponti termici, si evidenziano tuttavia zone circoscritte con temperature superficiali più elevate, dovute alla presenza di nicchie ospitanti i radiatori.
- Il basamento sul lato nord presenta un alto gradiente di temperatura, così come la parete verticale tra le due finestre, ricollegabili probabilmente al passaggio delle tubazioni di distribuzione dell'impianto termico.

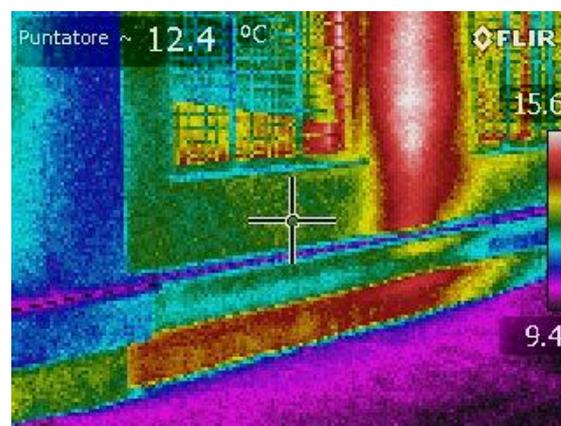
Figura 4.3 – Rilievo termografico delle pareti esterne



Parete esposta a est



Parete esposta a 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	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Copertura piana	S1	27	Assente	1,61	Sufficiente
Solaio terrazzo	S1	30	Assente	1,51	Sufficiente
Copertura inclinata	S1	20	Assente	2,20	Sufficiente
Parete esterna	M1	33	Assente	0,94	Sufficiente
Muro pieno	M2	54	Assente	1,22	Sufficiente
Divisorio interno verso NR	M3	10	Assente	2,06	Sufficiente
Pavimento verso interr.	P1	25	Assente	1,69	Sufficiente

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

Lo stato di conservazione degli stessi è sufficiente essendo state installate intorno al 2008 secondo quanto rilevato in sede di sopralluogo. La trasmittanza del telaio è comunque elevata, creando un importante ponte termico tra parete opaca e serramento.

Quasi la totalità delle finestre è provvista di chiusure esterne tramite tapparelle in plastica e cassonetto in legno alto fino al soffitto.

La porta a vetri posta all’ingresso del piano terra, non risulta essere in appoggio continuo sul pavimento, provocando pertanto una costante fuoriuscita del calore.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



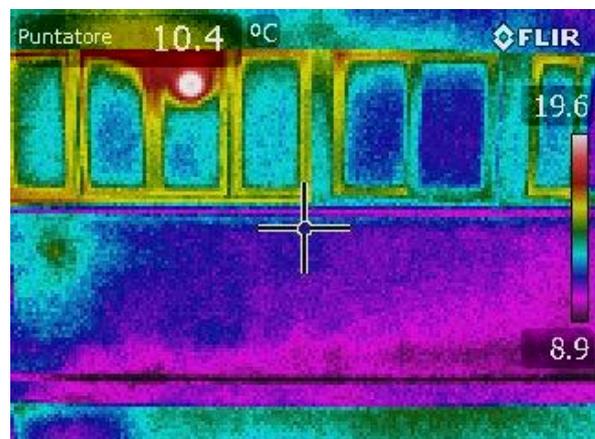
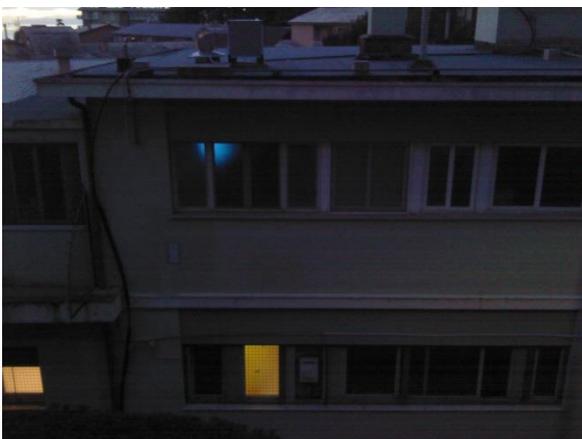
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- I serramenti sono in sufficiente stato di conservazione
- Dalla termografia si può notare un gradiente di temperatura tra la parete sottofinestra e la fascia dei cassonetti

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti sul lato est



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 trasparente riportati nella

Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1 (W1)	190x133	Alluminio	Vetro doppio	2,7	Buono
Serramento verticale	F2 (W2)	90x140	Alluminio	Vetro doppio	2,8	Buono
Porta finestra	PF2 (W12)	220x300	Alluminio	Vetro doppio	3,0	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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia a condensazione installata nel 2014 in ambiente esterno e alimentata a gas metano. L'impianto è gestito con contratto SIE3.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in metallo

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori risultavano tutti funzionanti e privi di valvola termostatica.

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori nel corridoio al PT



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 zona termica PT e P1	Radiatori in metallo	91%

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.4; tali caratteristiche sono state recepite dalla documentazione fornita dalla PA e verificate in sede di sopralluogo. Dalla modellazione energetica eseguita con software certificato Edilclima si è ottenuto un valore globale di potenza installata per l'emissione pari a 68,7 kW, considerando un salto termico nominale lato aria di 50°C e lato acqua di 10°C; tale valore risulta in linea con quanto riportato in tabella.



Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	A parete o in nicchia	15	1,5	23	-	-
Primo	A parete o in nicchia	13	2,1	28	-	-
TOTALE		28	1,8	51	-	-

Fonte: check-list impianto termico fornito dalla committenza.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

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

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

Figura 4.7 – Quadro di comando e termoregolazione in CT

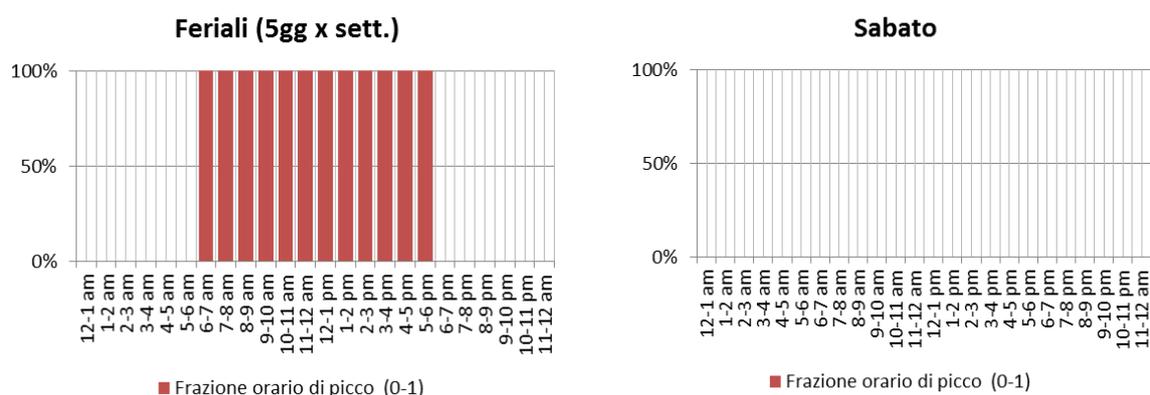


Figura 4.8 – Sistema di telegestione



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

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per l’edificio



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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Zona climatizzata (PT e P1)	Climatica	79%

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) Tre circuiti diretti di collegamento tra la caldaia e i terminali di emissione. In sede di sopralluogo non è stato possibile definire le zone servite dai diversi circuiti. Per ciascun circuito è presente una pompa di circolazione sul collettore di mandata con funzionamento in parallelo. In particolare su un circuito è installata una elettropompa gemellare, di cui una di scorta all’altra. La distribuzione alle utenze è di tipo verticale a colonne montanti.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti di distribuzione

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁵⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁵⁾ [kW]
Circuito 1	EG01	mandata acqua calda ai radiatori	23	75	0,51
Circuito 2	ES02	mandata acqua calda ai radiatori	8,5	105	0,325
Circuito 3	ES03	mandata acqua calda ai radiatori	8,5	105	0,325
TOTALE			40		1,16

Nota (5): Valori nominali ricavati da dati di targa e/o scheda tecnica

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

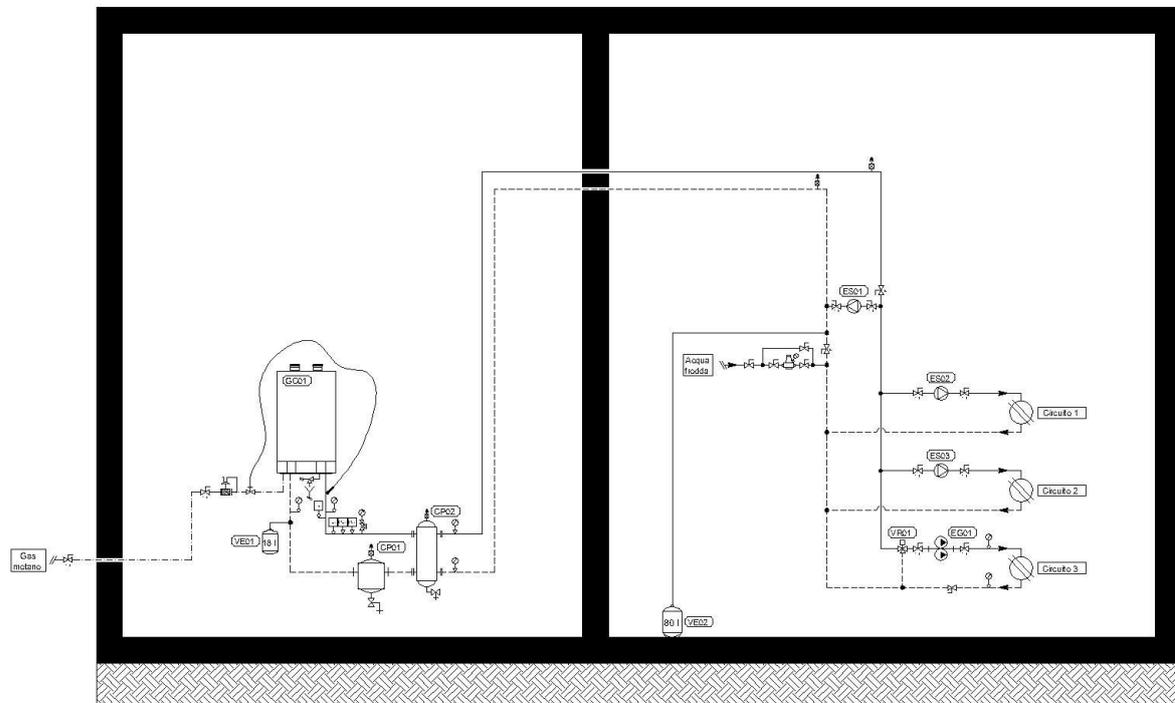
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito 1	Mandata	Caldo	60	70
	Ritorno	Caldo	45	50

Nota (6): Valori rilevati il giorno 13/12/2017 alle ore 15.50, con una temperatura esterna di circa 15°C

La differenza fra temperature rilevate e temperature di calcolo dipende dalla presenza della regolazione di caldaia mediante curva climatica e sonda esterna di temperatura. Le condizioni di progetto (temperature di calcolo) sono riferite ad una temperatura esterna di 0°C.

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 152-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 95% come derivato dalla modellazione energetica con software Edilclima.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia murale a condensazione della marca Baltur modello SuperGenio MC 90, installata nel 2014 nella zona esterna di accesso al piano interrato.

Figura 4.11 - Posizione della caldaia



Figura 4.12 - Particolare della caldaia



Le caratteristiche del sistema di generazione sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	Baltur	SuperGenio MC 90	2014	84	81,4	96,9%	0,39

Nota (7) Valori ricavati da scheda tecnica

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 88,7% così come ricavato dalla modellazione termica con software Edilclima. Il rendimento di combustione riportato sul libretto di centrale e relativo all’ultimo controllo fumi effettuato, risalente al 8/3/2017, è pari al 97,7%. Tale rendimento non tiene però conto delle perdite di calore per altri fattori, come l’installazione all’esterno, che invece sono compresi nel rendimento di generazione da modello.

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 e dei bagni.

La produzione è eseguita tramite un generatore di acqua calda sanitaria a gas a flusso continuo e controllo di temperatura collocato in nicchia sulla parete esterna dell'edificio.

Figura 4.13 - Particolare del produttore di ACS



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	89,3%	-	-	84,3%	70,7%

Nota (8) Valori ricavati da modello energetico

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI ESTRAZIONE FORZATA

Nell'edificio è presente un impianto di estrazione forzata per i vapori prodotti nella cucina posta al piano primo. In particolare sono presenti una cappa sul piano cottura e una cappa sulla lavastoviglie, entrambe collegate ad un estrattore posto in copertura.

Non è stato possibile accedere ai dati della macchina, per cui sono stati stimati i valori di portata e assorbimento del ventilatore in base al numero di pasti preparati.

Figura 4.14 - Particolare di impianto di estrazione



4.5 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, montavivande (valutato nel modello energetico in quanto trasporto di cose), lavatrici, distributore bevande ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Unica	lavastoviglie	1	1200	1200	220
	frigorifero	1	300	300	8760
	freezer	1	300	300	8760
	pelapatate	1	1000	1000	132
	Distributore bevande	1	500	500	8760
	Stufetta elettrica	1	1200	1200	216
	lavatrice	3	1500	4500	440
	Altre FEM	4	210	840	220

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

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

Figura 4.15 – Alcune apparecchiature elettriche della cucina



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.

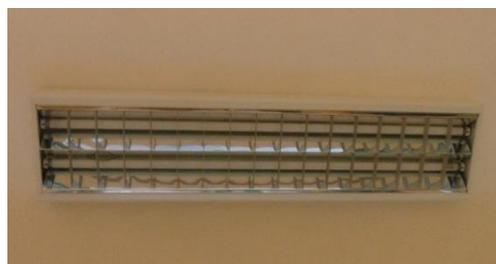
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

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

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, nelle aule e nei bagni;
- Lampade di emergenza installate in tutto l'edificio.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
P-1	Fluorescente T8 2x36	3	36	216
PT	Fluorescente T8 1x36	25	36	900
PT	Fluorescente T8 2x36	6	36	432
PT	Fluorescente T8 1x18	8	18	144
PT	Fluorescente T8 2x18	1	18	36
P1	Fluorescente T8 1x36	6	36	216
P1	Fluorescente T8 2x36	16	36	1152
P1	Fluorescente T8 1x18	6	18	108

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 è il Gas Metano.

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

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti dell'intero edificio;
- Generatore per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica e dei bagni;
- Usi cottura.

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		Lt gasolio Sm ³ metano	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270050365783	Riscaldamento (SIE3)	3288/ 3388*	6.794	5.001	65.093	63.999	47.109
3270005992857	Produzione ACS e usi cottura	1.396	1.619	1.956	13.151	15.249	18.422

*Nel 2014 è stata sostituita la caldaia a gasolio con una caldaia a metano.

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

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

Relativamente al PDR 1 con contratto SIE3, in assenza di fatturazioni, si è provveduto a ridistribuire i consumi mensilmente in funzione dell’effettivo funzionamento stagionale dell’impianto e dei Gradi Giorno reali. Poiché nel 2014 il riscaldamento era alimentato con un altro impianto a gasolio, non si terrà conto di tale anno nell’analisi.

Anche per il PDR 2 vengono riportati i consumi fatturati solo per il biennio 2015-2016, in assenza di fatturazioni relative al 2014.

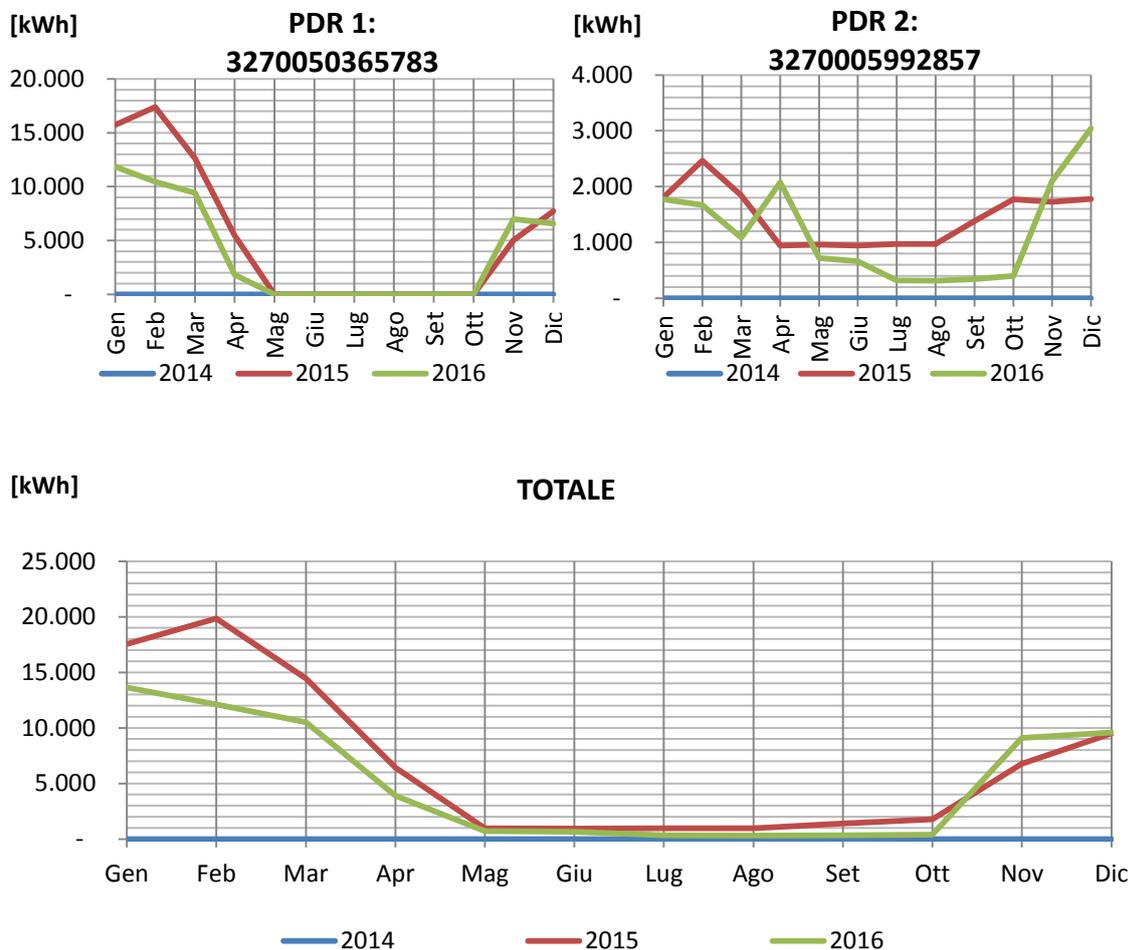
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR 1: 3270050365783	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen		1.671	1.259	-	15.737	11.861
Feb		1.847	1.110	-	17.397	10.452
Mar		1.339	1.000	-	12.611	9.424
Apr		583	194	-	5.487	1.825
Mag		-	-	-	-	-
Giu		-	-	-	-	-
Lug		-	-	-	-	-
Ago		-	-	-	-	-
Set		-	-	-	-	-
Ott		-	-	-	-	-
Nov		535	742	-	5.043	6.992
Dic		820	696	-	7.724	6.556
Totale	-	6.794	5.001	-	63.999	47.109
PDR 2: 3270005992857	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen		192	188	-	1.807	1.771
Feb		261	177	-	2.462	1.667
Mar		196	115	-	1.842	1.083
Apr		100	220	-	942	2.072
Mag		102	76	-	961	716
Giu		100	70	-	942	659
Lug		103	34	-	970	320
Ago		103	33	-	970	311
Set		147	36	-	1.385	339
Ott		188	42	-	1.771	396
Nov		183	223	-	1.724	2.101
Dic		189	323	-	1.780	3.043
Totale	-	1.864	1.537	-	17.557	14.479

Tali consumi del PDR2 sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA (identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file kyotoBaseline-E1662) e sono emerse le seguenti differenze: uno scostamento del 15,1% in meno per il 2015 e del 21,4% in più per il 2016.

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 33 kWh, e un valore di massimo prelievo mensile pari a 2.108 kWh. I consumi annui tra il 2015 ed il 2016, hanno subito una certa variazione nei primi mesi dell’anno.

Confrontando l’andamento dei consumi con i GG_{reali} del biennio di riferimento si può notare che il maggiore consumo registrato nei primi mesi del 2015 coincide con temperature più fredde rilevate in quei mesi, soprattutto febbraio e aprile. L’ultima parte dell’anno è caratterizzata da maggiori consumi nel 2016 in accordo ai GG maggiori di questo periodo.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo corrisponde al totale della fornitura di gas del PDR1 in quanto esso alimenta la sola centrale termica per il servizio di riscaldamento.

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 PDR2 nel triennio di riferimento e scorporando una quota parte di gas utilizzata per usi cottura¹;

\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 in quanto i suddetti utilizzi non concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

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

Tabella 5.4 – 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			-				7.875	-
2015	821	909	6.794	64.018	78,0	70.864	9.976	-
2016	854	909	5.001	47.123	55,2	50.132	13.150	-
Media	838	909	5.898	55.570	66,3	60.292	10.334	-

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}	10.334
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	60.292
$Q_{baseline}$	70.626

¹ E' stato considerato un consumo medio di mercato per le scuole e moltiplicato per il numero di bambini presenti nella scuola. Il consumo restante è stato confrontato con i consumi da modello derivanti da calcolo secondo UNI11300. Per i dettagli dei calcoli si veda l'Allegato I – Dati climatici reali.

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Linea luci, caldaia, luci di emergenza, lavanderia e linea prese dell'intera scuola;
- Apparecchiature cucina e montavivande.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00122688	Asilo nido	7.824	8.011	9878	8.571
IT001E00122683	Cucina asilo P1	5.356	5.399	4.777	5.177
TOTALE		13.180	13.410	14.655	EEbaseline [13.748]

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-E1662 e sono emerse le seguenti differenze:

- Scostamento del POD1 sulla media dei 3 anni rispetto a Kyoto -11%
- Scostamento del POD2 sulla media dei 3 anni rispetto a Kyoto -7%

Poiché lo scostamento non è sostanziale, 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 13.748 kWh/anno.

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

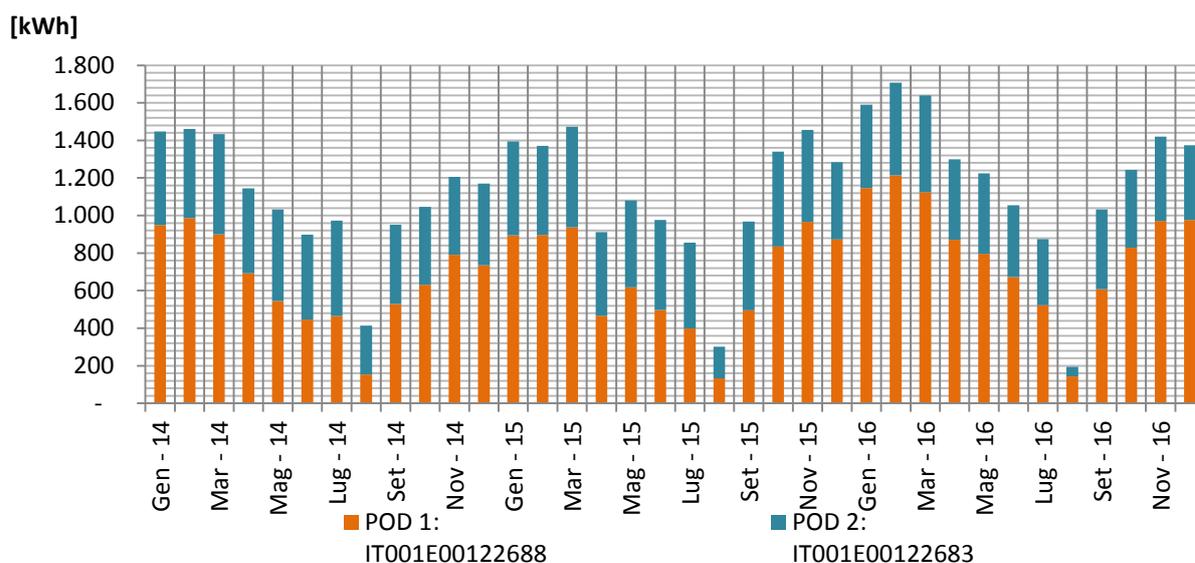
POD: IT001E00122688	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	708	97	144	949
Feb - 14	776	101	110	987
Mar - 14	661	115	124	900
Apr - 14	510	75	108	693
Mag - 14	382	87	76	545
Giu - 14	301	67	78	446
Lug - 14	329	66	69	464
Ago - 14	44	34	76	154
Set - 14	368	85	76	529
Ott - 14	463	93	75	631
Nov - 14	575	97	119	791
Dic - 14	528	86	121	735

Totale	5645	1003	1176	7824
POD: IT001E00122688	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	631	110	154	895
Feb - 15	675	112	110	897
Mar - 15	707	114	117	938
Apr - 15	351	57	58	466
Mag - 15	464	88	65	617
Giu - 15	369	70	58	497
Lug - 15	278	52	68	398
Ago - 15	40	28	65	133
Set - 15	357	68	71	496
Ott - 15	619	118	98	835
Nov - 15	714	118	134	966
Dic - 15	611	119	143	873
Totale	5816	1054	1141	8011
POD: IT001E00122688	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	864	121	161	1146
Feb - 16	946	129	140	1215
Mar - 16	866	115	144	1125
Apr - 16	625	131	115	871
Mag - 16	585	104	108	797
Giu - 16	469	93	111	673
Lug - 16	349	76	98	523
Ago - 16	49	30	64	143
Set - 16	432	90	86	608
Ott - 16	609	113	106	828
Nov - 16	728	121	123	972
Dic - 16	675	141	161	977
Totale	7197	1264	1417	9878
POD: IT001E00122683	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	328	75	96	499
Feb - 14	315	77	82	474
Mar - 14	348	87	99	534
Apr - 14	271	75	106	452
Mag - 14	288	90	109	487
Giu - 14	262	77	114	453
Lug - 14	302	93	114	509
Ago - 14	76	63	121	260
Set - 14	236	82	104	422
Ott - 14	249	71	95	415
Nov - 14	249	71	95	415
Dic - 14	129	96	211	436

Totale	3053	957	1346	5356
POD: IT001E00122683	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	328	75	96	499
Feb - 15	315	77	82	474
Mar - 15	348	87	99	534
Apr - 15	275	78	93	446
Mag - 15	287	84	92	463
Giu - 15	285	86	108	479
Lug - 15	265	84	109	458
Ago - 15	52	38	78	168
Set - 15	282	88	102	472
Ott - 15	334	84	87	505
Nov - 15	324	81	85	490
Dic - 15	240	67	104	411
Totale	3335	929	1135	5399
POD: IT001E00122683	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	269	76	99	444
Feb - 16	327	79	86	492
Mar - 16	332	84	99	515
Apr - 16	305	64	60	429
Mag - 16	299	66	63	428
Giu - 16	258	58	66	382
Lug - 16	223	60	68	351
Ago - 16	16	12	23	51
Set - 16	269	73	82	424
Ott - 16	268	71	77	416
Nov - 16	290	75	83	448
Dic - 16	243	68	86	397
Totale	3099	786	892	4777

Considerando la presenza di più POD a servizio dell’edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.2 un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

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



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

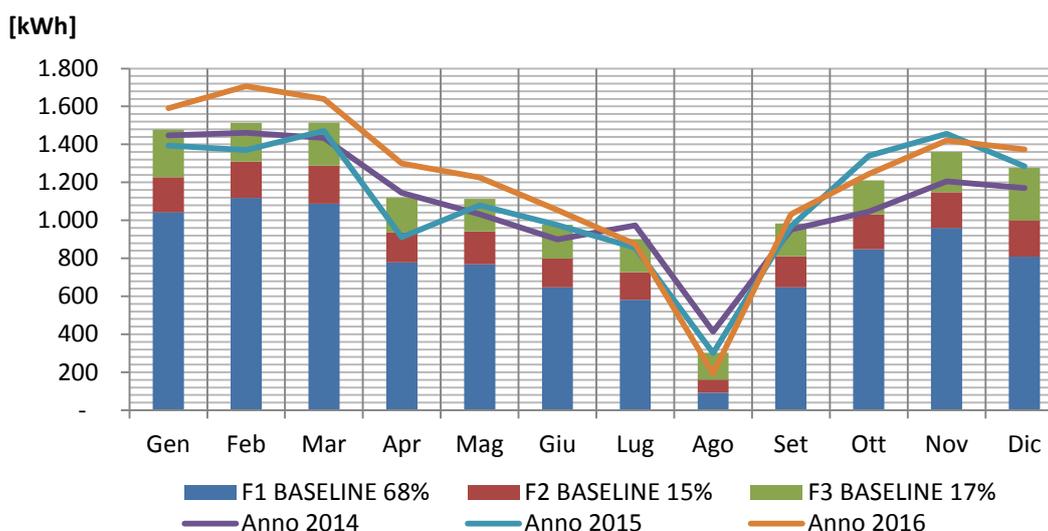
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.043	185	250	1.477
Febbraio	1.118	192	203	1.513
Marzo	1.087	201	227	1.515
Aprile	779	160	180	1.119
Maggio	768	173	171	1.112
Giugno	648	150	178	977
Luglio	582	144	175	901
Agosto	92	68	142	303
Settembre	648	162	174	984
Ottobre	847	183	179	1.210
Novembre	960	188	213	1.361
Dicembre	809	192	275	1.276
Totale	9.382	1.998	2.369	13.748

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

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



I profili di prelievo medi mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti lineari in funzione dell'utilizzo dei servizi elettrici della struttura. I mesi freddi infatti registrano consumi maggiori dovuti agli ausiliari per il riscaldamento, mentre agosto fa registrare pochi consumi in accordo con la chiusura della struttura. Tali consumi sono da imputare alle attrezzature interne quali frigoriferi, distributore bevande e luci di emergenza. Considerando l'andamento dei singoli anni, si nota che il 2016 ha registrato nella prima metà dell'anno, maggiori consumi rispetto agli anni precedenti.

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 seguente.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

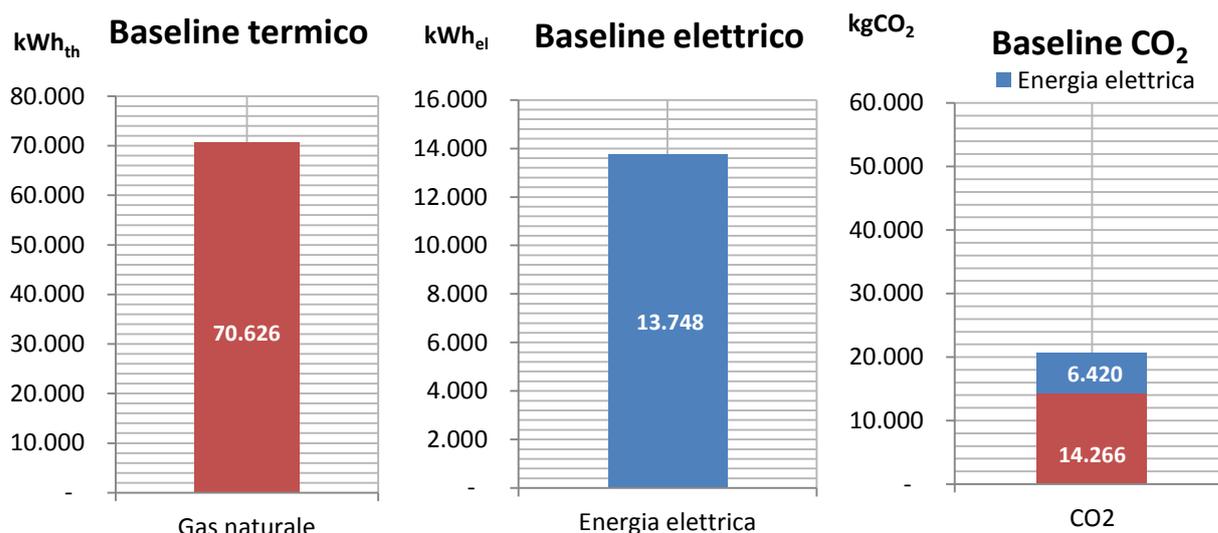
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

* 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 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]	13.748	* 0,467	6,42
[Gas naturale]	70.626	* 0,202	14,27
Totale			20,69

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	528	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	552	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	2.518	m ³

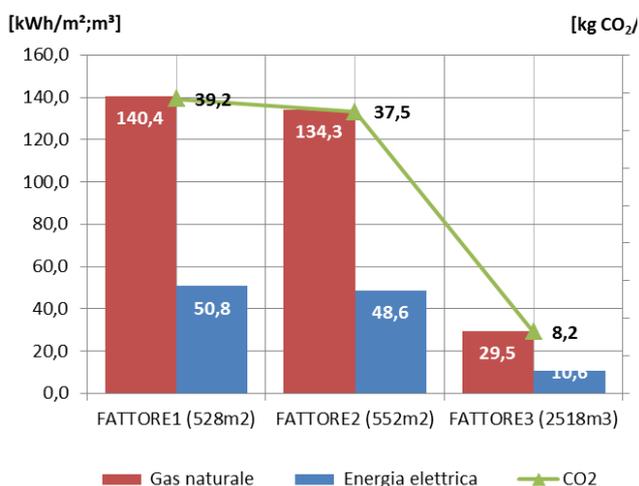
Nella sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

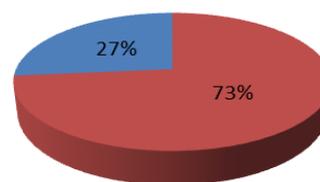
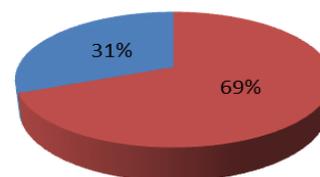
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	70.626	1,05	74.157	140,4	134,3	29,5	27,02	25,85	5,67
Energia elettrica	13.748	2,42	33.271	63,0	60,3	13,2	12,16	11,63	2,55
TOTALE			107.428	203	195	43	39	37	8

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. NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. NON RINN.	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	70.626	1,05	74.157	140,4	134,3	29,5	27,02	25,85	5,67
Energia elettrica	13.748	1,95	26.809	50,8	48,6	10,6	12,16	11,63	2,55
TOTALE			100.967	191	183	40	39	37	8

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	18,1	17,8	15,7	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	18,4	18,7	20,5
	buono	buono	buono	insuff	insuff	insuff

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.

Al contrario l'IEN elettrico della scuola in oggetto presenta valori molto alti, che inseriscono la scuola in una classe di merito INSUFFICIENTE.

Gli indicatori di performance così ricavati sono confrontati con i corrispondenti indici delle altre scuole oggetto di diagnosi nell'Allegato M – Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	239,53	228,26
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	166,58	165,41
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	21,43	21,34
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	6,76	5,45
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	40,08	32,29
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	4,69	3,78
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	47,34	

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	9.184 Nmc	95.851
Energia Elettrica	12.660 kWhel	24.687

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP_{gl}	kWh/mq anno	183,98	175,50
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	123,64	122,67
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	21,92	21,86
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	6,76	5,45

Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	26,99	21,75
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	4,69	3,78
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	36,36	

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	7.100	70.573
Energia Elettrica		9.526*

*Consumi EE derivanti da modello energetico al netto delle attrezzature interne

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]	[%]
70.573	70.626	0,1%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica effettuata con software Edilcima e dal modello elettrico delle attrezzature interne calcolate in base alla stima delle potenze, delle ore di utilizzo e dei coefficienti di carico (per i dettagli si veda il file Grafici Template nell’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]	[%]
14.095	13.748	2%

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

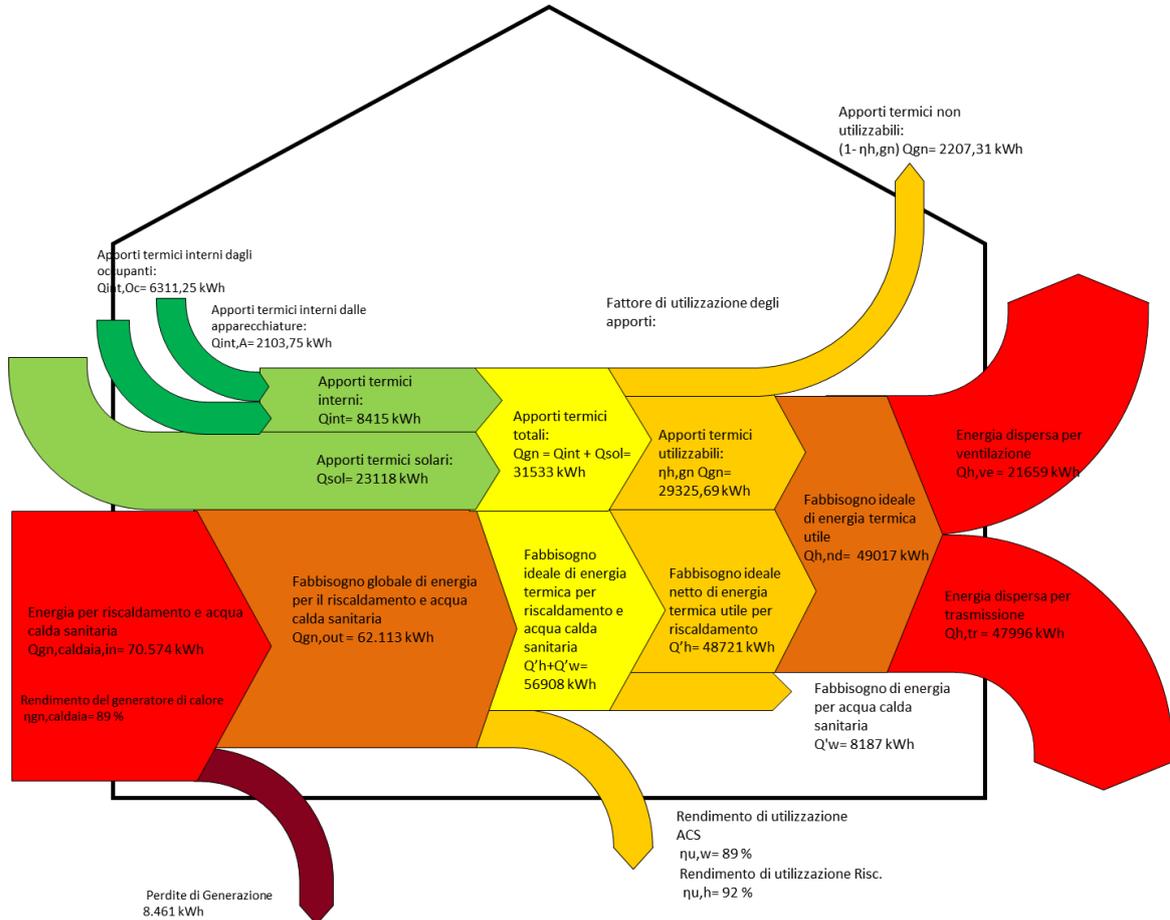
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

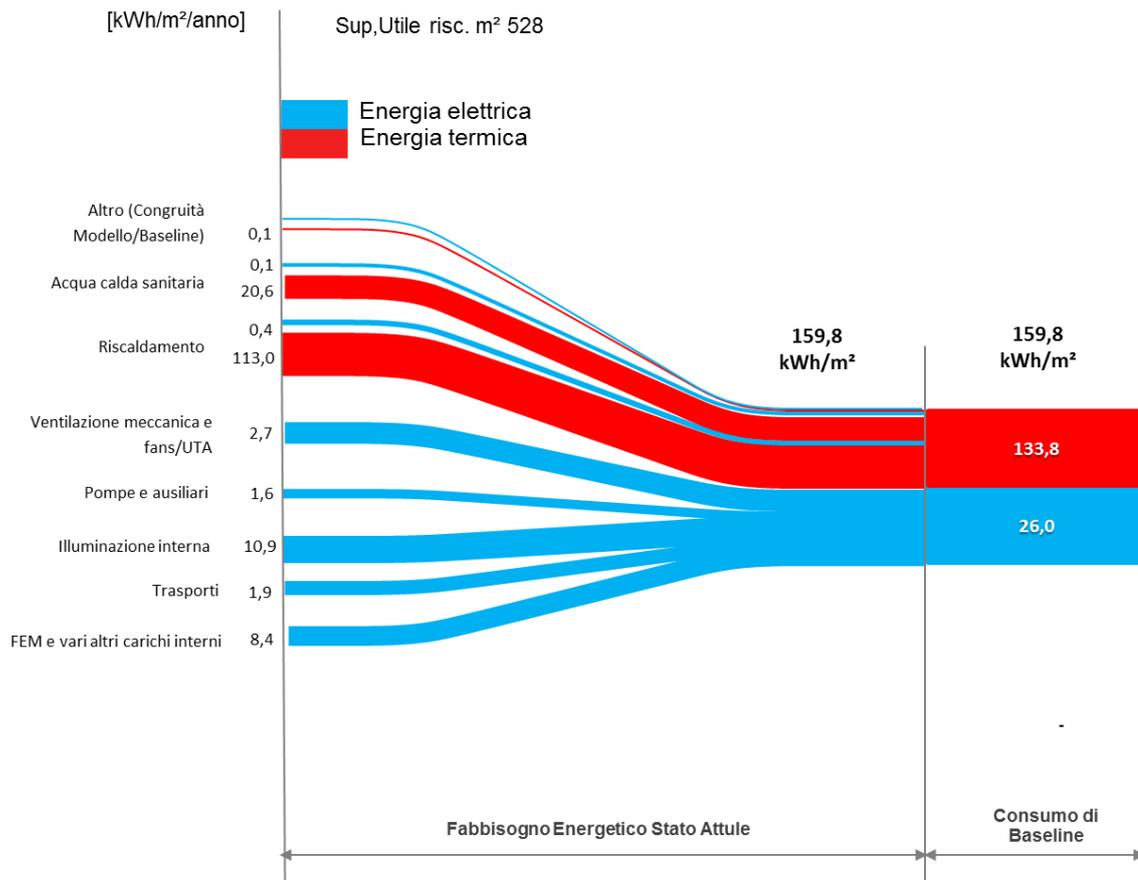
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che l’energia dispersa per trasmissione attraverso i componenti di involucro è abbastanza importante e si presta quindi a buoni margini di miglioramento andando ad operare con interventi di coibentazione degli elementi disperdenti. Anche le perdite di utilizzazione degli impianti presentano margini di miglioramento andando ad agire sui sottosistemi di regolazione e distribuzione.

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

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



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

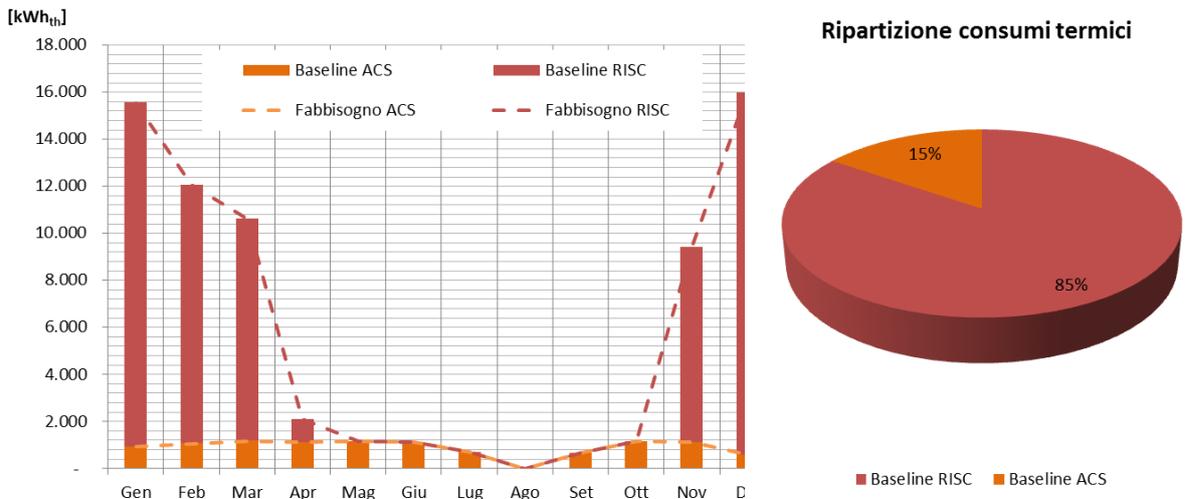
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio   possibile notare che i consumi termici sono imputabili prevalentemente a esigenze di riscaldamento e in parte alla produzione di ACS. I consumi elettrici sono invece maggiormente dovuti all’illuminazione e alle apparecchiature della cucina, 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'asilo nido, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

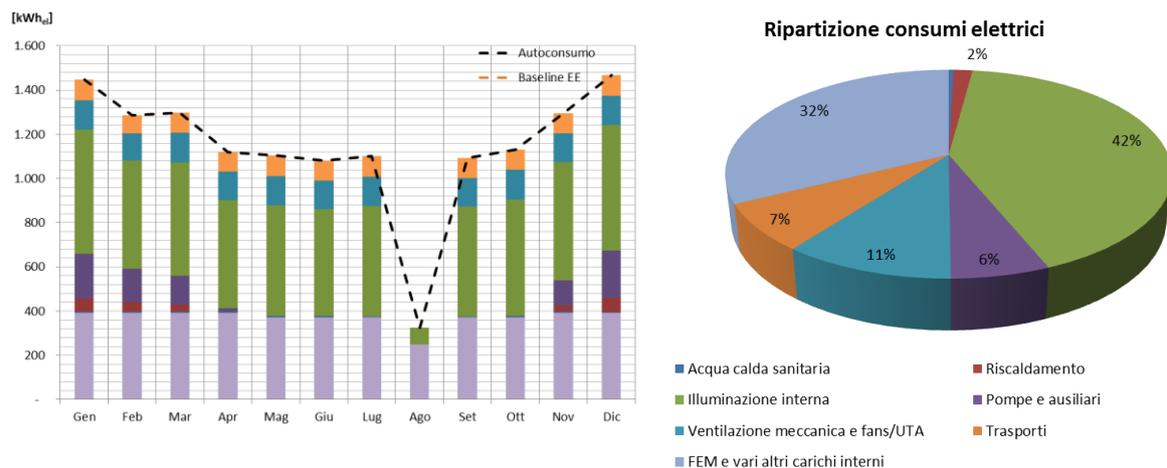
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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.

I consumi relativi alle FEM e gli altri carichi interni sono stati ricostruiti con opportuno modello elettrico, in base alla potenza, alle ore effettive di utilizzo di ciascuna attrezzatura ed il relativo fattore di carico. I dettagli dei calcoli sono riportato nell'Allegato B – Grafici Template.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'impianto di illuminazione, seguito dalle apparecchiature della cucina, tra cui l'estrattore d'aria (11%), pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270050365783: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 3270005992857: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR 2: 3270005992857	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	n/d	Comune di Genova - Uff. Civiche Utenze	Comune di Genova - Uff. Civiche Utenze
Società di fornitura	n/d	IREN / ENI SPA DA APRILE 2015	ENI SPA/ENERGETIC SPA DA APRILE 2016
Inizio periodo fornitura	n/d	precedente/1/4/2015	1/4/2016
Fine periodo fornitura	n/d	1/4/2016	In corso
Classe del contatore	n/d	G6	G6
Tipologia di contratto	nd	Utenze con attività di servizio pubblico	Utenze con attività di servizio pubblico
Opzione tariffaria (*)	nd	OFFERTA CONSIP	Mercato libero Prodotto CONSIP 7 Gas
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	1,023	1,023
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	nd	38,190 MJ/mc	38,63 MJ/mc
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA ESCLUSA)	nd	0,035 €/kWh	0,025 €/kWh

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

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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che con l'ultimo fornitore il prezzo del vettore energetico è diminuito mentre è aumentato il potere calorifico del gas, così che l'attuale fornitore risulta più conveniente rispetto a quelli precedenti.

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

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, relative al PDR1, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico

definito dall’Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per i trimestri e gli anni corrispondenti.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore termico nel biennio di rierimento

PDR 1: 3270050365783	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	554	27	207	354	251	1.393	15.737	0,089
Feb - 15	613	30	229	391	278	1.540	17.397	0,089
Mar - 15	444	22	166	284	201	1.117	12.611	0,089
Apr - 15	176	9	74	123	84	466	5.487	0,085
Mag - 15						-	-	-
Giu - 15						-	-	-
Lug - 15						-	-	-
Ago - 15						-	-	-
Set - 15						-	-	-
Ott - 15						-	-	-
Nov - 15	161	9	74	113	78	435	5.043	0,086
Dic - 15	246	13	113	174	120	666	7.724	0,086
Totale	2.194	109	862	1.439	1.013	5.617	63.999	0,088
PDR 1: 3270050365783	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Gen - 16	352	30	172	267	181	1.001	11.861	0,084
Feb - 16	310	27	151	235	159	882	10.452	0,084
Mar - 16	279	24	137	212	143	796	9.424	0,084
Apr - 16	43	5	26	41	25	139	1.825	0,076
Mag - 16						-	-	-
Giu - 16						-	-	-
Lug - 16						-	-	-
Ago - 16						-	-	-
Set - 16						-	-	-
Ott - 16						-	-	-
Nov - 16	170	18	99	157	98	542	6.992	0,078
Dic - 16	160	17	93	147	92	509	6.556	0,078
Totale	1.314	121	677	1.059	698	3.869	47.109	0,082

PDR 2: 3270005992857	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	82	4	32	37	22	177	1.807	0,098
Feb - 15	112	4	32	37	22	207	2.462	0,084
Mar - 15	84	4	32	37	22	179	1.842	0,097
Apr - 15	29	4	12	20	14	78	942	0,083
Mag - 15	30	4	12	20	14	80	961	0,083
Giu - 15	29	4	12	20	14	78	942	0,083
Lug - 15	29	4	12	20	14	79	970	0,082
Ago - 15	29	4	12	20	14	79	970	0,082
Set - 15	41	4	17	38	22	122	1.385	0,088
Ott - 15	50	4	22	40	25	141	1.771	0,079
Nov - 15	48	4	21	39	25	137	1.724	0,079
Dic - 15	50	4	22	40	25	141	1.780	0,079
Totale	611	47	237	368	236	1.499	17.557	0,085
PDR 2: 3270005992857	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	48	4	27	41	5	124	1.771	0,070
Feb - 16	45	4	25	39	4	117	1.667	0,070
Mar - 16	30	4	16	25	3	78	1.083	0,072
Apr - 16	44	3	27	43	26	143	2.072	0,069
Mag - 16	15	3	9	15	9	51	716	0,071
Giu - 16	14	3	9	14	9	47	659	0,072
Lug - 16	7	3	4	7	5	25	320	0,078
Ago - 16	7	3	4	6	4	24	311	0,078
Set - 16	7	3	5	7	5	26	339	0,077
Ott - 16	10	3	5	8	6	31	396	0,079
Nov - 16	52	3	25	46	28	154	2.101	0,073
Dic - 16	76	3	35	68	40	222	3.043	0,073
Totale	355	34	191	320	143	1.043	14.479	0,072

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

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

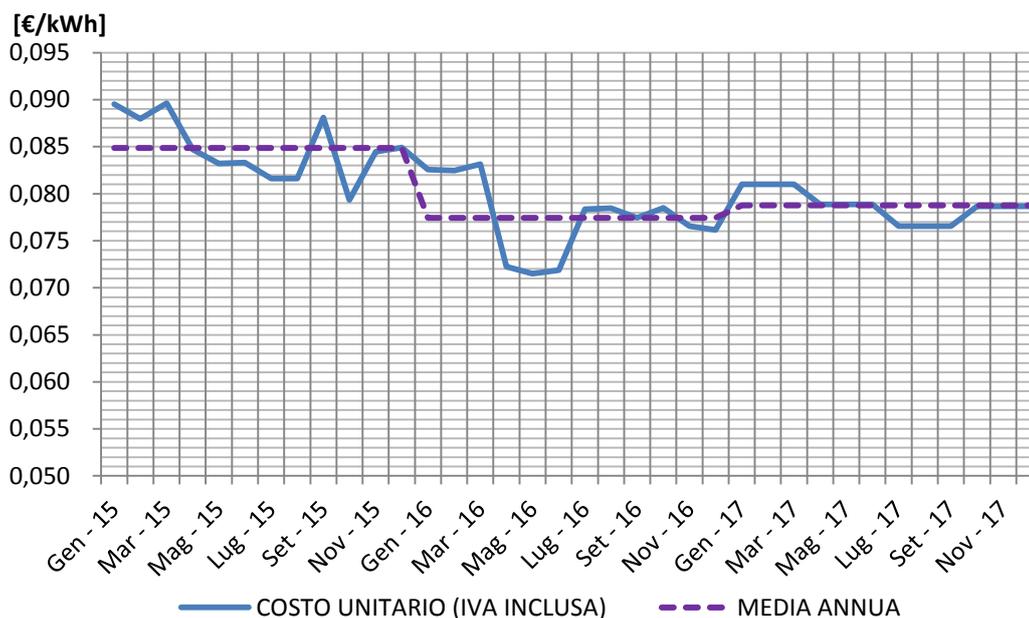
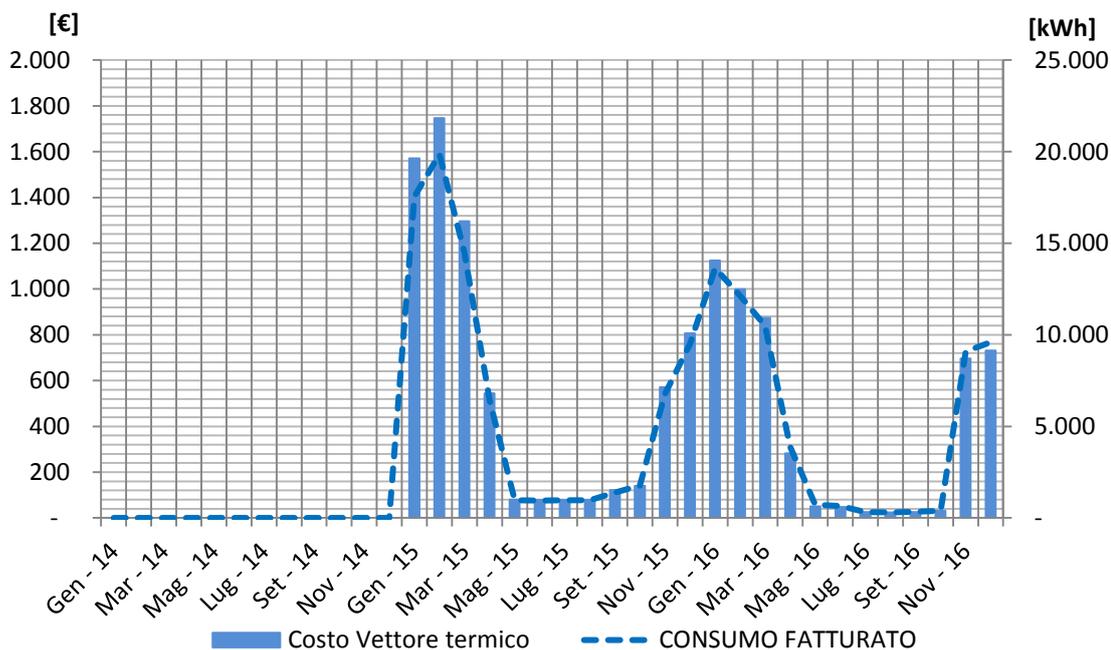


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Tralasciando il 2014 di cui non abbiamo informazioni, dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è diminuito nel 2016 e subisce un piccolo aumento nel 2017. I consumi tendenzialmente sono proporzionali ai costi.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00122688: 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.
- POD 2 – IT001E00122683: 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:IT001E00122688	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison / GALA spa (da aprile)	GALA SPA / IREN
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	31/03/2016	In corso
Potenza elettrica impegnata	16,5 kW	16,5 kW	16,5 kW
Potenza elettrica disponibile	16,5 kW	16,5 kW	16,5 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	Forniture in BT
Opzione tariffaria	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA esclusa) (*)	0,078 €/kWh	0,055 €/kWh	0,064 €/kWh

POD: IT001E00122683	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison/GALA	GALA/IREN
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	In corso
Potenza elettrica impegnata	10 kW	10 kW	10 kW
Potenza elettrica disponibile	11 kW	11 kW	11 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	Forniture in BT
Opzione tariffaria	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA esclusa) (*)	0,075 €/kWh	0,055 €/kWh	0,068 €/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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il costo unitario di fornitura del vettore energetico si è abbassato rispetto al 2014, ma ha avuto un rialzo nel 2016 con l'ultimo fornitore. D'altra parte, come è possibile notare nelle tabelle più sotto, nell'ultimo anno sono diminuiti gli oneri di sistema, portando comunque ad un risparmio complessivo in bolletta.

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 rierimento

POD 1: IT001E00122688	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	75	55	83	12	22	247	949	0,261
Feb - 14	78	60	83	12	23	257	987	0,260
Mar - 14	71	56	79	11	22	239	900	0,266
Apr - 14	54	56	66	9	18	203	693	0,293
Mag - 14	43	56	52	7	16	173	545	0,317
Giu - 14	34	56	42	6	14	152	446	0,340
Lug - 14	36	56	44	6	14	156	464	0,335
Ago - 14	11	56	15	2	8	91	154	0,593
Set - 14	41	56	50	7	15	169	529	0,319
Ott - 14	49	56	60	8	17	190	631	0,301
Nov - 14	60	56	74	10	20	221	791	0,279
Dic - 14	55	56	70	9	19	209	735	0,284
Totale	607	674	717	98	210	2.306	7.824	0,295
POD 1: IT001E00122688	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	64	55	88	11	22	240	895	0,268
Feb - 15	62	57	86	11	22	238	897	0,265
Mar - 15	63	57	90	12	22	243	938	0,260
Apr - 15	27	57	39	6	13	142	466	0,304
Mag - 15	34	57	52	8	15	165	617	0,268
Giu - 15	26	57	42	6	13	144	497	0,291
Lug - 15	20	58	34	5	12	129	398	0,323
Ago - 15	7	58	11	2	8	86	133	0,644
Set - 15	23	58	42	6	13	142	496	0,287
Ott - 15	36	58	74	10	18	197	835	0,236
Nov - 15	42	58	86	12	20	218	966	0,226
Dic - 15	37	58	79	11	19	204	873	0,233
Totale	441	689	723	100	195	2.148	8.011	0,268
POD 1: IT001E00122688	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	50	55	95	14	21	236	1.146	0,206
Feb - 16	50	55	101	15	22	243	1.215	0,200
Mar - 16	43	55	94	14	21	226	1.125	0,201

Apr - 16	48	52	78	11	19	208	871	0,239
Mag - 16	44	48	71	10	17	190	797	0,239
Giu - 16	40	48	63	8	16	176	673	0,262
Lug - 16	38	47	52	7	14	158	523	0,302
Ago - 16	9	43	24	2	8	86	143	0,599
Set - 16	50	37	55	8	15	164	608	0,269
Ott - 16	68	50	74	10	20	223	828	0,269
Nov - 16	94	34	59	9	20	216	972	0,222
Dic - 16	95	46	81	12	23	257	977	0,263
Totale	628	570	847	120	217	2.382	9.878	0,241

POD 2: IT001E00122683	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	39	42	44	6	29	159	499	0,319
Feb - 14	37	42	44	5	26	154	474	0,325
Mar - 14	41	42	47	7	30	167	534	0,313
Apr - 14	34	42	43	6	27	152	452	0,337
Mag - 14	37	28	46	6	26	143	487	0,293
Giu - 14	34	42	43	6	27	152	453	0,335
Lug - 14	38	42	48	6	30	164	509	0,323
Ago - 14	18	42	25	3	19	107	260	0,412
Set - 14	32	42	40	5	26	145	422	0,343
Ott - 14	31	42	40	5	26	143	415	0,345
Nov - 14	31	42	40	5	26	143	415	0,345
Dic - 14	29	42	42	5	12	130	436	0,297
Totale	402	486	501	66	304	1.759	5.356	0,328

POD 2: IT001E00122683	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	35	43	48	6	13	146	499	0,292
Feb - 15	32	43	46	6	13	139	474	0,294
Mar - 15	35	43	51	7	14	149	534	0,279
Apr - 15	26	43	37	6	11	123	446	0,276
Mag - 15	26	43	39	6	11	125	463	0,270
Giu - 15	26	43	40	6	12	127	479	0,265
Lug - 15	24	43	39	6	11	123	458	0,269
Ago - 15	9	43	14	2	7	76	168	0,451
Set - 15	22	43	40	6	11	123	472	0,261
Ott - 15	22	44	45	6	12	129	505	0,256
Nov - 15	21	44	44	6	12	127	490	0,259

POD 2: IT001E00122683	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	18	44	37	5	10	114	411	0,278
Totale	297	520	480	68	136	1.500	5.399	0,278
Gen - 16	30	42	37	6	11	126	444	0,284
Feb - 16	27	42	41	6	12	128	492	0,260
Mar - 16	27	42	43	6	12	130	515	0,252
Apr - 16	24	33	45	6	11	117	429	0,273
Mag - 16	23	33	44	5	8	114	428	0,267
Giu - 16	23	32	41	5	10	112	382	0,292
Lug - 16	26	32	39	4	10	111	351	0,317
Ago - 16	3	29	17	1	5	55	51	1,078
Set - 16	30	29	48	5	11	124	424	0,293
Ott - 16	33	33	44	5	12	127	416	0,305
Nov - 16	39	29	51	6	12	137	448	0,306
Dic - 16	37	33	41	5	12	128	397	0,321
Totale	324	408	491	60	126	1.409	4.777	0,295

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

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

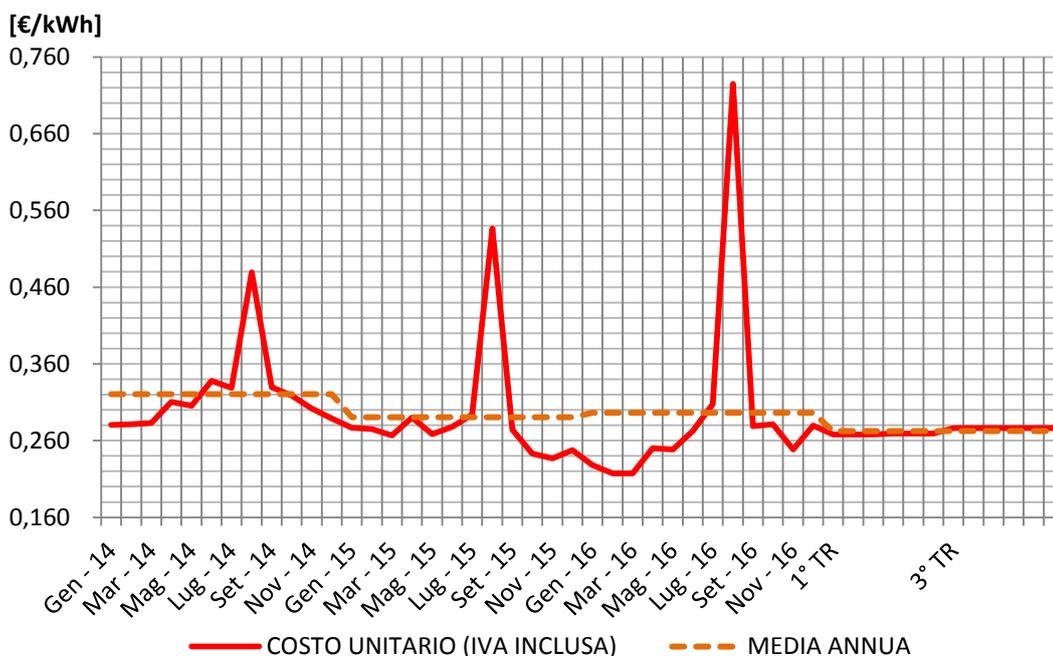
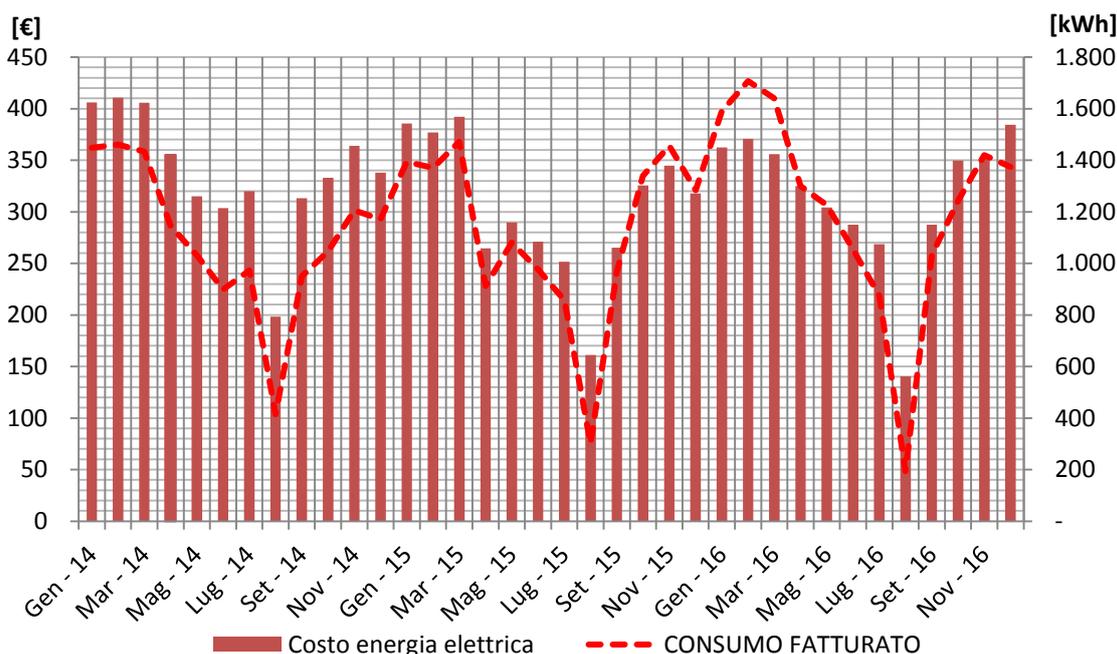


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi medi è in costante diminuzione negli anni, mentre l’edificio in oggetto presenta costi mensili unitari molto alti nel mese di agosto, dovuto ai costi fissi in bolletta che si mantengono costanti anche con pochi consumi registrati. Anche il 2014 registra costi maggiori in proporzione ai consumi.

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				13.180	4.065	0,308	
2015	81.556	7.116	0,087	13.410	3.648	0,272	10.764
2016	61.588	4.912	0,080	14.655	3.791	0,259	8.703
Media	71.572	6.014	0,084	13.748	3.835	0,280	9.733

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

- Il costo unitario del gas naturale è stato calcolato a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di maggior tutela per l’anno 2017, considerando i valori trimestrali di costo indicati per la Regione Liguria, riferiti ai “condomini uso domestico”.
Cu_q è stato ottenuto apportando una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela, in funzione del consumo annuo e della classe del

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo al 2017 -5%	C_{UQ}	0,080 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo al 2017 -5%	C_{UE}	0,272 [€/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:

- L1-042-152: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 8.520 € + IVA comprensivo del costo di fornitura del vettore energetico relativo al PDR1.

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

$$C_M = C_{SIE3} - C_Q = 10.394 \text{ €} - 3769 \text{ €} = 6.630 \text{ €}$$

dove:

- C_Q è il costo annuo del gas naturale ricavato dai consumi 2016 del PDR1 per il costo unitario 2017;

- C_{SIE3} è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E1662 per il PDR1 comprensivo di IVA.

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	5.237 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa agli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	1.392 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

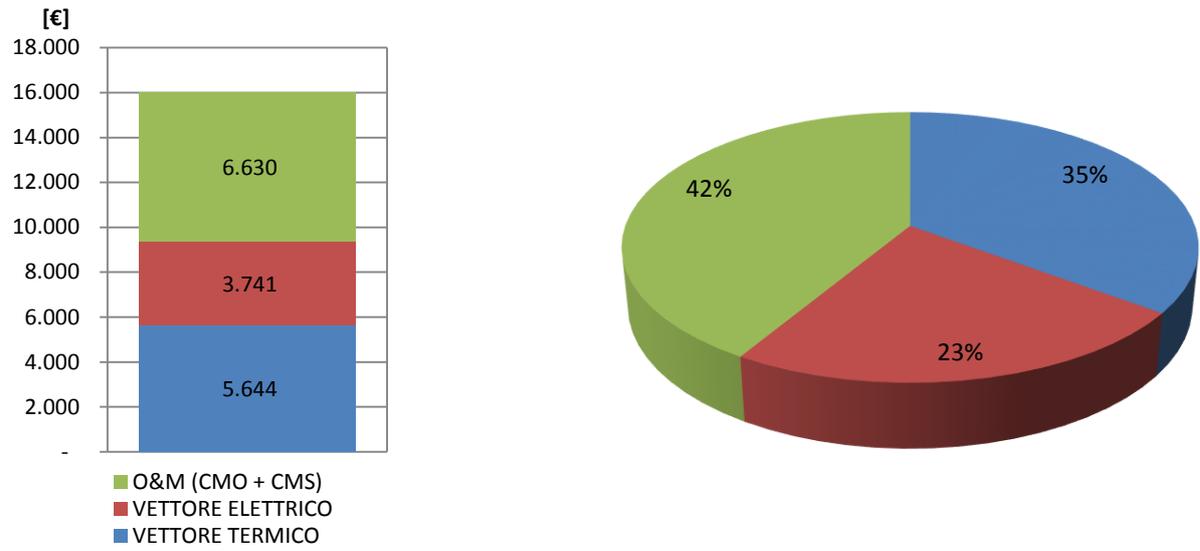
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 9.385 e un $C_{baseline}$ pari a € 16.015.

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
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+C_{EE}+C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
70.626	0,080	5.644	13.748	0,272	3.741	6.630	5.237	1.392	16.015

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

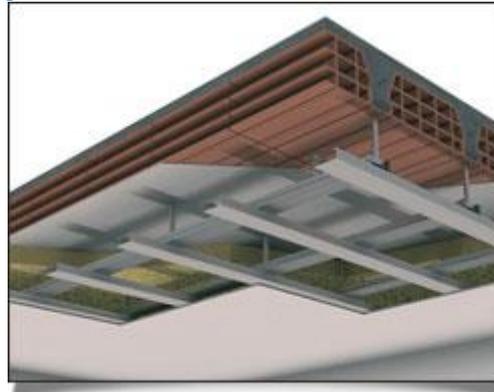
8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione copertura lato interno con controsoffitto

Generalità

La misura prevede la coibentazione dei solai di copertura disperdenti sul loro lato interno, mediante la posa di un controsoffitto, al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali sottostanti. L'abbassamento dell'altezza utile dei locali permette inoltre di ridurre il volume dell'ambiente da riscaldare, giungendo a ulteriori risparmi di combustibile in caso di presenza di termostati ambiente. Occorre sempre verificare il rispetto dell'altezza netta minima consentita.

Figura 8.1 – Particolare controsoffitto coibentato



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

- fibra di vetro, materiale leggero, prodotto in gran parte con vetro riciclato 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, 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. Devono 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

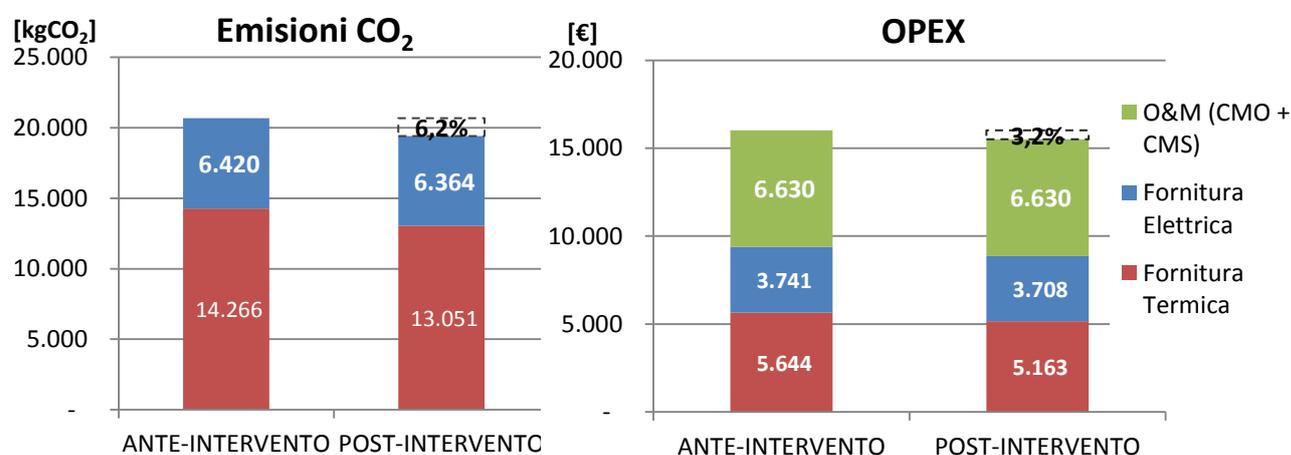
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione solai di copertura dall'interno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 - Trasmittanza Copertura	[W/m²K]	1,61	0,215	86,6%
Qteorico	[kWh]	70.574	64.562	8,5%
Eteorico	[kWh]	14.095	13.970	0,9%
Qbaseline	[kWh]	70.626	64.610	8,5%
EBaseline	[kWh]	13.748	13.626	0,9%
Emiss. CO2 Termico ¹	[kgCO2]	14.266	13.051	8,5%
Emiss. CO2 Elettrico ¹	[kgCO2]	6.420	6.364	0,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO2]	20.687	19.415	6,2%
Fornitura Termica, CQ	[€]	5.644	5.163	8,5%
Fornitura Elettrica, CEE	[€]	3.741	3.708	0,9%
Fornitura Energia, CE	[€]	9.385	8.871	5,5%
CMO	[€]	5.237	5.237	0,0%
CMS	[€]	1.392	1.392	0,0%
O&M (CMO + CMS)	[€]	6.630	6.630	0,0%
OPEX	[€]	16.015	15.501	3,2%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

Nota (*) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO2/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO2/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



EEM2: Isolamento pareti con cappotto interno

Figura 8.3 – Particolare composizione cappotto interno



Generalità

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

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con fibra di vetro, materiale leggero, prodotto in gran parte con vetro riciclato e con bassi valori di conducibilità termica.

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

Descrizione dei lavori

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

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

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

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

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

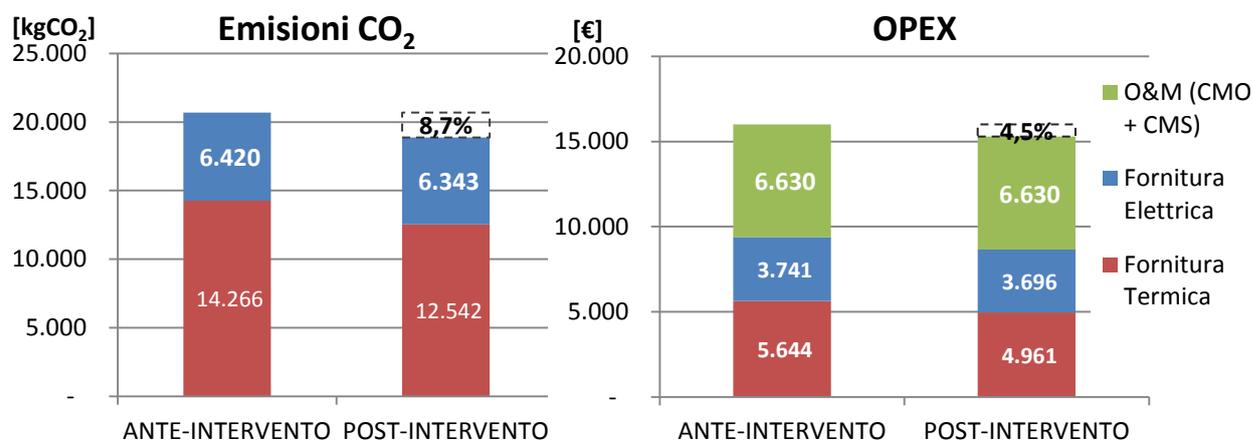
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Cappotto interno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 - Trasmittanza media pareti	[W/m ² K]	1,2	0,69	42,5%
Qteorico	[kWh]	70.574	62.041	12,1%
EEteorico	[kWh]	14.095	13.924	1,2%
Qbaseline	[kWh]	70.626	62.087	12,1%
EEBaseline	[kWh]	13.748	13.582	1,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO2]	14.266	12.542	12,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO2]	6.420	6.343	1,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO2]	20.687	18.884	8,7%
Fornitura Termica, CQ	[€]	5.644	4.961	12,1%

Fornitura Elettrica, CEE	[€]	3.741	3.696	1,2%
Fornitura Energia, CE	[€]	9.385	8.657	7,8%
CMO	[€]	5.237	5.237	0,0%
CMS	[€]	1.392	1.392	0,0%
O&M (CMO + CMS)	[€]	6.630	6.630	0,0%
OPEX	[€]	16.015	15.287	4,5%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

Nota (*) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



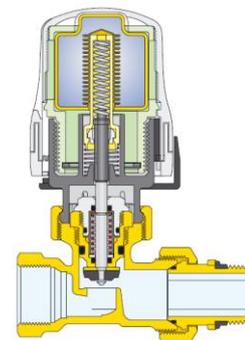
8.1.2 Impianto riscaldamento

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

Generalità

Le valvole termostatiche sono un semplice dispositivo capace di regolare il flusso di un fluido grazie alla loro sensibilità alle variazioni di temperatura. Negli impianti di riscaldamento vengono montate sui radiatori per regolare il flusso d'acqua in base alla temperatura richiesta dall'ambiente allo scopo di evitare sprechi e migliorare il comfort, stabilizzando la temperatura a livelli diversi nei locali a seconda delle necessità. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono significativi risparmi energetici.

Al fine di ottimizzare la rete di distribuzione dell'impianto di riscaldamento, l'installazione delle valvole termostatiche viene integrata con l'installazione di un'elettropompa di circolazione a giri variabili. In questo modo, all'interno dell'impianto, al variare delle cadute di pressione determinate dal grado di apertura delle valvole termostatiche, fluisce una portata di acqua calda il più vicino possibile al valore di progetto.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Nel presente intervento si prevede l'installazione di una tecnologia di gestione e controllo automatico dell'impianto termico (sistema di *building automation*). Il sistema è infatti composto da

- valvole termostatiche programmabili singolarmente su due livelli di set-point di temperatura giornalieri, con controllo PID e regolazione variabile con intervalli da 0,5°C
- centralina di controllo che gestisce le valvole ad essa connesse attraverso una comunicazione senza fili e consente la regolazione del riscaldamento nei singoli locali da un unico punto di controllo, anche attraverso una applicazione per dispositivi mobili
- relè di caldaia per l'accensione e lo spegnimento del generatore di calore in funzione della richiesta termica dell'edificio



a cui si aggiunge l'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili da installare in centrale termica in sostituzione di quella già presente a velocità di rotazione fissa.

Con tale sistema è possibile eseguire una regolazione sufficientemente fine (regolazione per locale) anche su sistemi costituiti da un singolo circuito di distribuzione che serve zone termiche e locali con necessità di temperatura e di occupazione diverse, senza intervenire pesantemente sull'impianto idraulico, raggiungendo ottimi risultati sia nel comfort che nel risparmio energetico.



Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato. Essendo le valvole termostatiche installate sui radiatori esposte a manomissione si consiglia di schermare i dispositivi con opportune protezioni. Occorre verificare preliminarmente i luoghi più adatti per l'installazione delle centraline di controllo, le quali devono essere programmate e gestite solo da personale autorizzato. Il sistema deve essere programmato il più vicino possibile alle reali esigenze di richiesta termica dei locali in cui vengono installate le valvole. Inoltre devono essere periodicamente controllate, al fine di valutarne il corretto funzionamento, la corretta programmazione o l'eventuale sostituzione delle batterie di alimentazione.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5 .

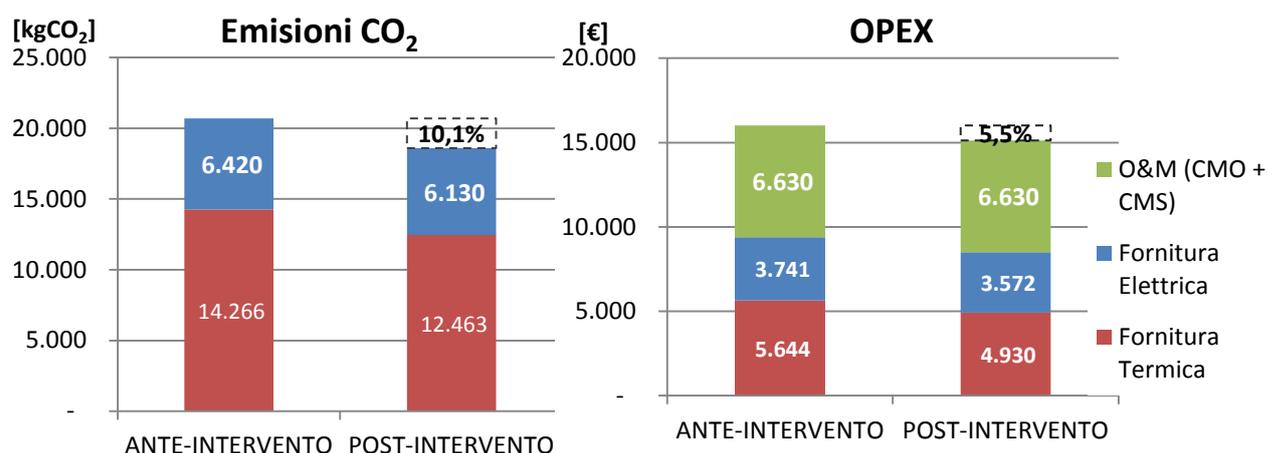
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 - Rendimento regolazione	%	79	99	25,3%
Qteorico	[kWh]	70.574	61.653	12,6%
Eteorico	[kWh]	14.095	13.458	4,5%
Qbaseline	[kWh]	70.626	61.698	12,6%
EBaseline	[kWh]	13.748	13.127	4,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO2]	14.266	12.463	12,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO2]	6.420	6.130	4,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO2]	20.687	18.593	10,1%
Fornitura Termica, CQ	[€]	5.644	4.930	12,6%
Fornitura Elettrica, CEE	[€]	3.741	3.572	4,5%
Fornitura Energia, CE	[€]	9.385	8.503	9,4%
CMO	[€]	5.237	5.237	0,0%
CMS	[€]	1.392	1.392	0,0%

O&M (CMO + CMS)	[€]	6.630	6.630	0,0%
OPEX	[€]	16.015	15.132	5,5%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

Nota (*) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



8.1.3 Impianto di produzione ACS

Non sono stati proposti interventi migliorativi relativi all'impianto di produzione di ACS in quanto un intervento di questa tipologia non risulta conveniente dal punto di vista economico. Dall'analisi svolta infatti, risulta che la produzione di ACS avviene per mezzo di un generatore di acqua calda sanitaria a gas a flusso continuo e controllo di temperatura con un rendimento già sufficientemente alto. Inoltre il consumo di ACS occupa una percentuale di consumo ridotta, pari al 15% del consumo totale di metano. Tali condizioni non fanno rientrare i tempi di investimento all'interno della vita utile del nuovo generatore.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

Generalità

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

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

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

I **tubi a neon** (o fluorescenti) sono costituiti da un tubo di vetro sigillato che contiene all'interno un gas nobile, il quale viene sollecitato grazie a due elettrodi posti alle due estremità, producendo

radiazione luminosa. Per ottenere ciò è necessario uno starter e un reattore che fornisca la sovratensione. È per questo motivo che i comuni neon non si accendono immediatamente e producono il loro caratteristico sfarfallio prima dell'accensione completa.

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

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

Figura 8.6 – Esempio comparativo lampade neon e LED



Descrizione dei lavori

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

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

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

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

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

Tabella 8.4 –Comparazione lampade

STATO DI FATTO					PROGETTO					
DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIE RE	NR LAMPADIE /PLAFONI ERA	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIE RE	NR LAMPADIE /PLAFONI ERA	NUMERO LAMPADIE TOT	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Fluorescent e T8 2x36	25	2	36	1800	LED 1x16W solo lampada	25	2	50	16	800
Fluorescent e T8 1x36	31	1	36	1116	LED 1x16W solo lampada	31	1	31	16	496
Fluorescent e T8 2x18	1	2	18	36	LED 1x10W solo lampada	1	2	2	10	20
Fluorescent e T8 1x18	14	1	18	252	LED 1x10W solo lampada	14	1	14	10	140

Prestazioni raggiungibili

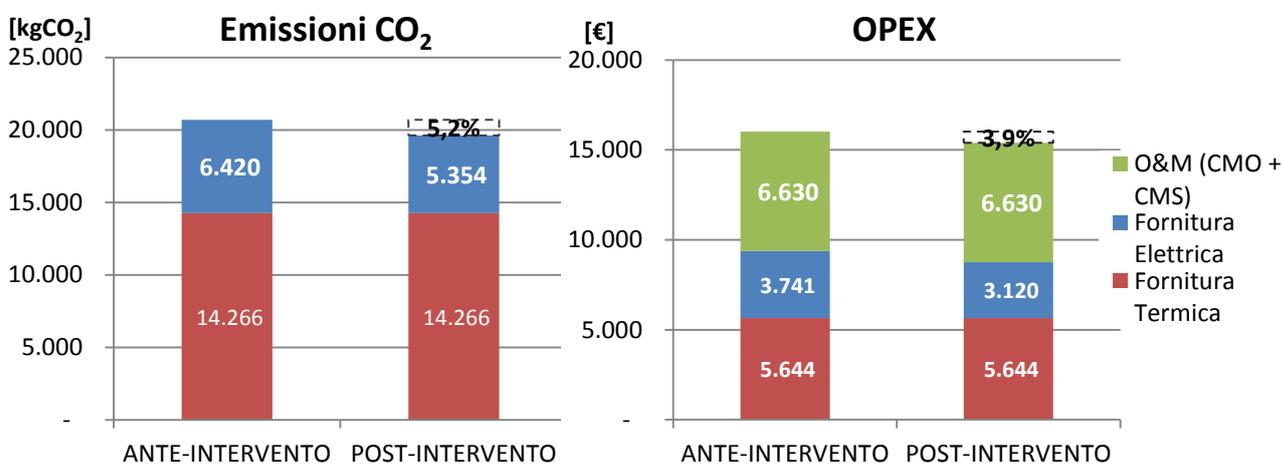
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.7.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 - Energia assorbita	kWhe	5889	3548	39,8%
Qteorico	[kWh]	70.574	70.574	0,0%
EEteorico	[kWh]	14.095	11.754	16,6%
Qbaseline	[kWh]	70.626	70.626	0,0%
EEBaseline	[kWh]	13.748	11.465	16,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO2]	14.266	14.266	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO2]	6.420	5.354	16,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO2]	20.687	19.621	5,2%
Fornitura Termica, CQ	[€]	5.644	5.644	0,0%
Fornitura Elettrica, CEE	[€]	3.741	3.120	16,6%
Fornitura Energia, CE	[€]	9.385	8.764	6,6%
CMO	[€]	5.237	5.237	0,0%
CMS	[€]	1.392	1.392	0,0%
O&M (CMO + CMS)	[€]	6.630	6.630	0,0%
OPEX	[€]	16.015	15.393	3,9%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

Nota (*) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO2/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO2/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.7 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Coibentazione copertura lato interno con controsoffitto

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione della copertura dell'edificio e del terrazzo del primo piano, per mezzo di controsoffittatura dall'interno con interposti pannelli isolanti in lana di vetro.

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

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 56,50 €/mq

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione interna copertura

VOCE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
B55004a	Controsoffitto realizzato con lastre di cartongesso, reazione al fuoco Euroclasse A1 - s1, d0, fissate mediante viti autoproforanti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato dello spessore di 6/10 mm ad interasse di 600 mm, comprese la stessa struttura e la stuccatura dei giunti:	DEI - ristruttur. 2015	334	m2	€ 28,96	€ 8.793,31	22%	€ 10.727,84
01.P09.B03.030	Pannelli semirigidi in lana di vetro, euroclasse A1, densità di 30-35 kg/m ³ e lambda inferiore a 0,034 W/mK; con adeguata protezione di barriera al vapore - Spessore 12 cm	Prezzario Regione Piemonte	334	m2	€ 10,25	€ 3.112,27	22%	€ 3.796,97
01.A09.G50.005	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato	Prezzario Regione Piemonte	334	m2	€ 6,59	€ 2.000,96	22%	€ 2.441,18
95.B10.S20.020	Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	8	m2	€ 21,17	€ 160,70	22%	€ 196,05
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 422,02	22%	€ 514,86
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 984,71	22%	€ 1.201,34
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 15.474	22%	€ 18.878
Incentivi		[Conto termico]						€ 7.551
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 1.510,26

EEM2: Isolamento pareti con cappotto interno

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'isolamento delle pareti perimetrali disperdenti sul lato interno, per mezzo di strato isolante in lana di vetro e cartongesso di chiusura.

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

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 58,60 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Cappotto interno

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/m ² cm]	[€]	[%]	[€]
1C.06.550.03 10.f	Controparete termoisolante e fonoassorbente realizzata con lastre in gesso rivestito a bordi assottigliati, spessore 12,50 mm, incollate a pannelli di lana di vetro idrorepellente prodotta con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale che garantisce la massima qualità dell'aria, con barriera al vapore costituita da un foglio di alluminio interposto tra il pannello in lana di vetro e la lastra di gesso rivestito. Conducibilità termica dichiarata λ_D spessori 20 ÷ 50 mm 0,031 W/m.K (lana di vetro); ... Applicate direttamente alla parete con incollaggi in gesso, compresa la rasatura dei giunti, i piani di lavoro interni e l'assistenza muraria, negli spessori mm: - spessore 12,50 + 80 mm di lana di vetro	Prezzario Milano	386	mq	€ 41,10	€ 14.422,36	22%	€ 17.595,28
20.A90.B20.0 10	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	386	m2	€ 6,95	€ 2.438,82	22%	€ 2.975,36
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 505,84	22%	€ 617,12
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.180,28	22%	€ 1.439,94
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 18.547	22%	€ 22.628
Incentivi		Conto termico						€ 9.051,08
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 1.810,22

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

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori dell'edificio.

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

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 25 €/mq oppure 50.000€
- Costo unitario valutato per l'intervento: 10,18 €/mq

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

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	28	cad	€ 35,42	€ 901,60	22%	€ 1.099,95
PR.C47.H10.135	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.999,95	€ 2.727,23	22%	€ 3.327,22
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	22%	€ 55,52
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	22%	€ 25,17
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	22%	€ 162,75
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	12	h	€ 31,88	€ 357,44	22%	€ 436,08
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 125,57	22%	€ 153,20
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 293,01	22%	€ 357,47
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 4.604	22%	€ 5.617,35
Incentivi		[Conto termico]	40%					€ 2.246,94
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 449,39

EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

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

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

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

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Retrofit illuminazione

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	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	€ 23,61	€ 343,42	22%	€ 418,97
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	81	cad	€ 34,69	€ 2.554,45	22%	€ 3.116,42
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 86,94	22%	€ 106,06
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 202,85	22%	€ 247,48
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 3.188	22%	€ 3.889
	Incentivi	Conto termico	40%					€ 1.555,57
	Durata incentivi							5
	Incentivo annuo							€ 311,11

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):

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

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 copertura lato interno con controsoffitto

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

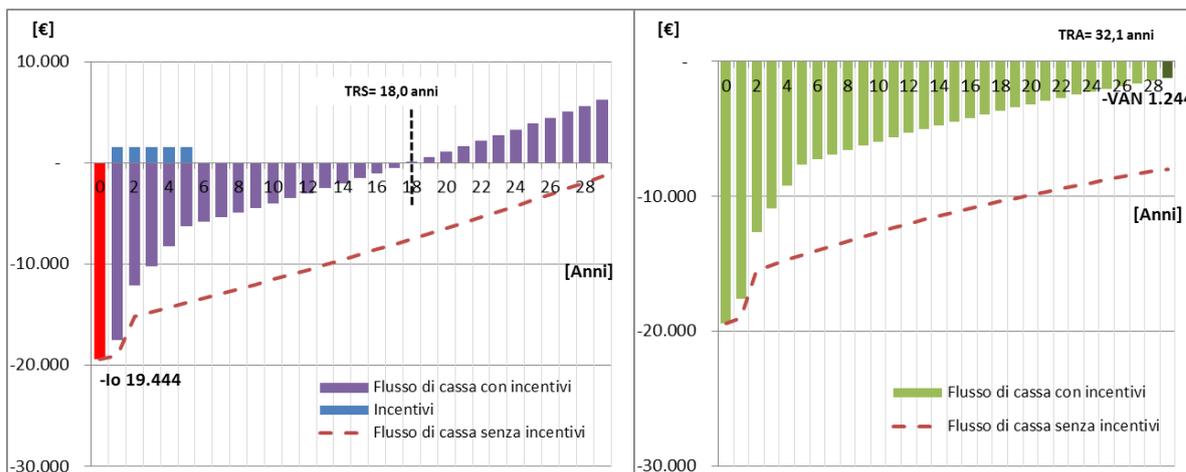
Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione interna copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	lo	€ 18.878	
Oneri Finanziari %lo	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 1.510	
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	32,2	18,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	50,8	32,1
Valore attuale netto	VAN	- 7.967	- 1.244
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,5%	3,1%
Indice di profitto	IP	-0,42	-0,07

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 conveniente rispetto alla vita utile della soluzione, solo se accompagnato dagli incentivi quali il Conto Termico nella presente valutazione.

EEM2: Isolamento pareti con cappotto interno

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione interna pareti verticali

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	22.628
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	1.810
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	27,1	15,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	44,9	27,9
Valore attuale netto	VAN	- 7.740	319
Tasso interno di rendimento	TIR	0,5%	4,2%
Indice di profitto	IP	-0,34	0,01

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

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

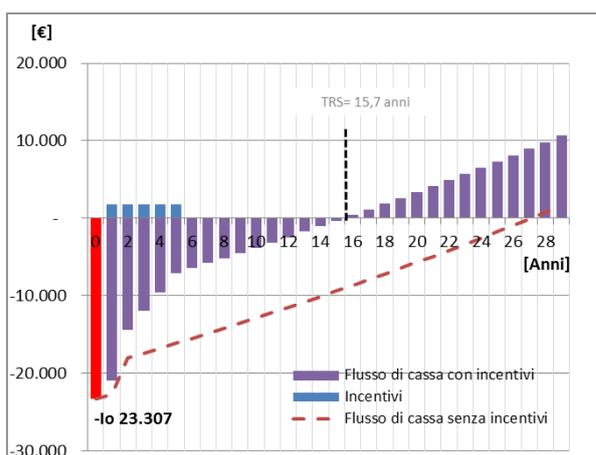
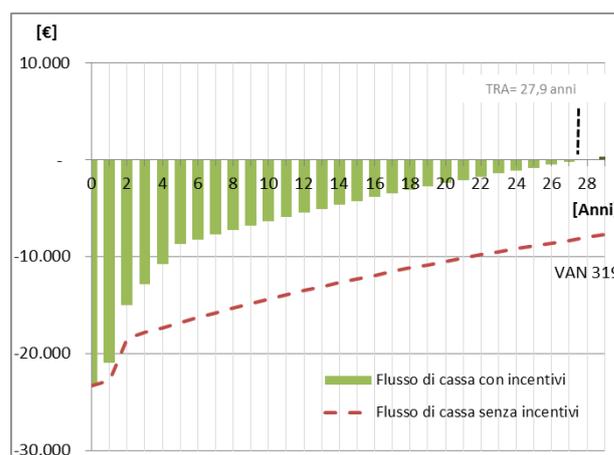


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un ritorno economico conveniente rispetto alla sua vita utile, anche considerando i flussi di cassa attualizzati, ma solo se accompagnato dagli incentivi.

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

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

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

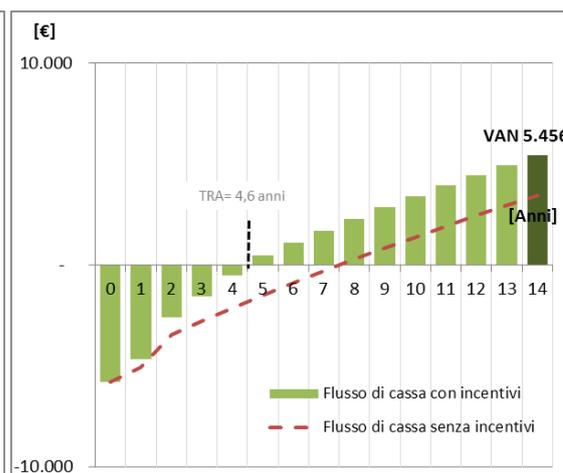
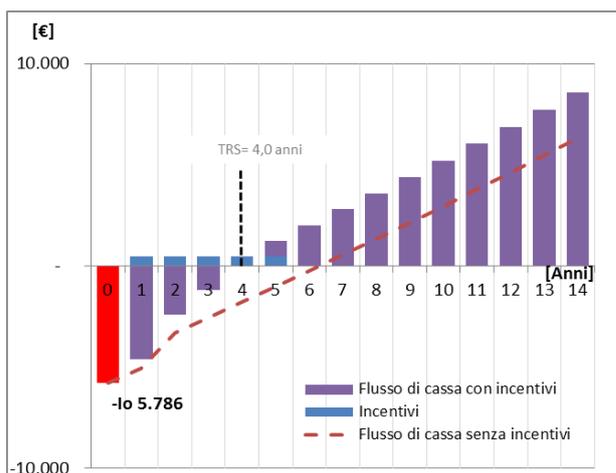
PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	5.617
Oneri Finanziari %Io	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	449
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,4	4,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,6	4,6
Valore attuale netto	VAN	3.455	5.456
Tasso interno di rendimento	TIR	12,6%	19,0%
Indice di profitto	IP	0,62	0,97

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

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

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



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

EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	3.889
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	311
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	6,3	4,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,5	4,6
Valore attuale netto	VAN	2.490	3.875
Tasso interno di rendimento	TIR	12,9%	19,3%
Indice di profitto	IP	0,64	1,00

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

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

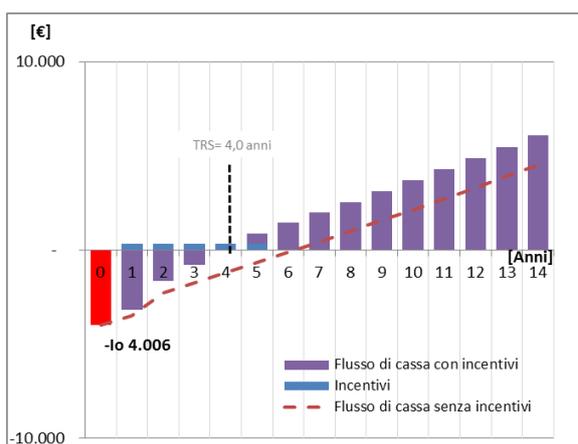
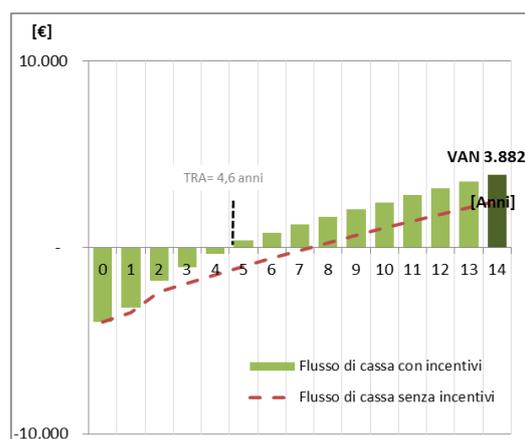


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

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

Sintesi

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

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

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1: Copertura	7,3%	6,2%	513,94	0	0	18878	32,2	50,8	30	-7967	-0,5%	-0,42
EEM 2: Cappotto interno	10,3%	8,7%	727,75	0	0	22628	27,1	44,9	30	-7740	0,5%	-0,34
EEM 3: Valvole termostatiche	11,3%	10,1%	882,47	0	0	5617	6,4	7,6	15	3455	12,6%	0,62
EEM 4: Corpi illuminanti	2,7%	5,2%	621,40	0	0	3889	6,3	7,5	15	2490	12,9%	0,64

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

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

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

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

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

CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1: Copertura	7,3%	6,2%	514	0	0	18878	18,0	32,1	30	-1244	3,1%	-0,07
EEM 2: Cappotto interno	10,3%	8,7%	728	0	0	22628	15,7	27,9	30	319	4,2%	0,01
EEM 3: Valvole termostatiche	11,3%	10,1%	882	0	0	5617	4,0	4,6	15	5456	19,0%	0,97
EEM 4: Corpi illuminanti	2,7%	5,2%	621	0	0	3889	4,0	4,6	15	3875	19,3%	1,00

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

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

A seguito dell’analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del 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 ≤ 15 anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, TRS ≤ 25 anni.

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

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

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

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

Dove:

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

L’ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo

a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: TRS<15 ANNI:** tale scenario consiste in interventi esclusivamente sugli impianti, ovvero l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori accompagnati da una pompa di circolazione a giri variabili e la sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.
- **Scenario 2: TRS<25 ANNI:** tale scenario consiste nella realizzazione di coibentazione interna delle pareti verticali, installazione di valvole termostatiche sui radiatori e la sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

9.3.1 Scenario 1: TRS < 15 ANNI

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

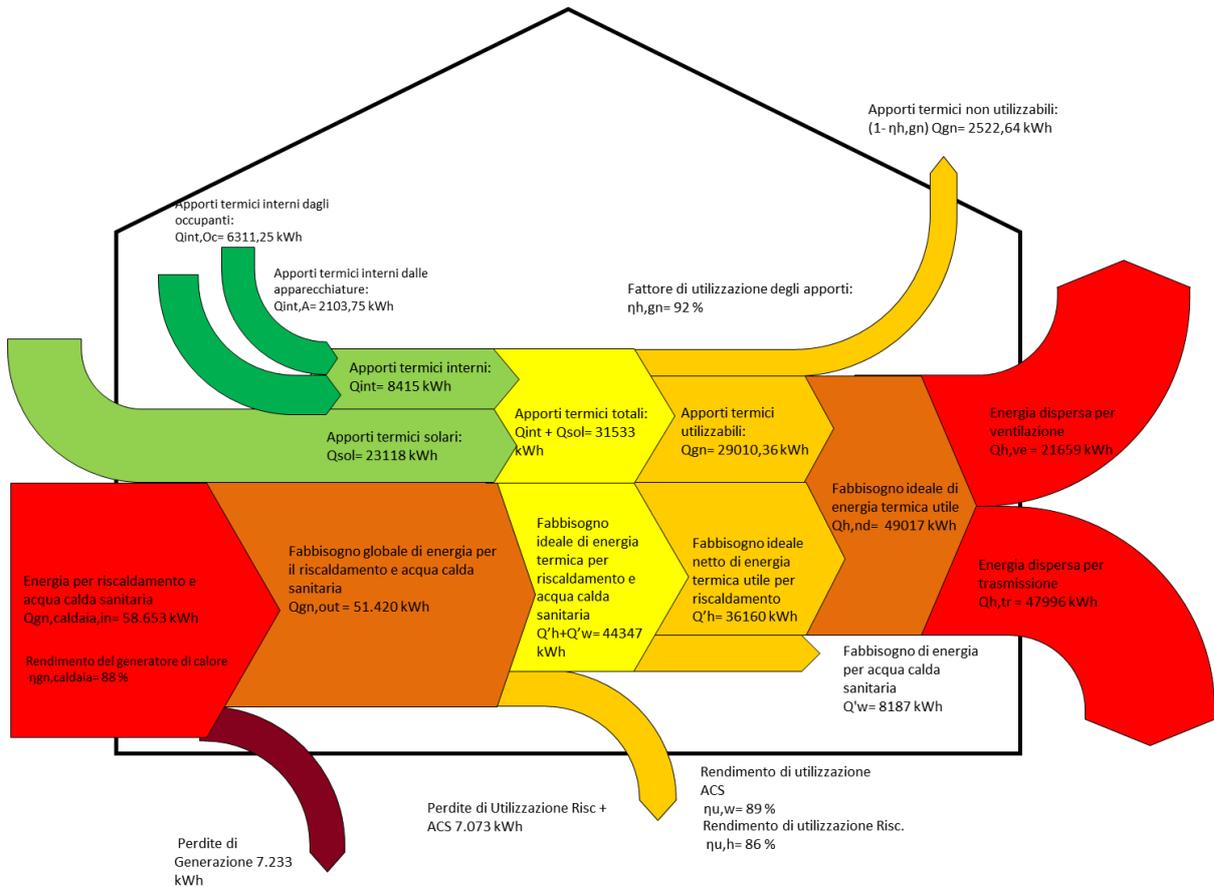
Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]		[€]
EEM3 FPO valvole termostatiche e inverter	4186	921	5107
EEM4 FPO lampade LED	2898	638	3535
Costi per la sicurezza	213	47	259
Costi per la progettazione	496	109	605
TOTALE (I₀)	7792	1714	9506
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo}	C _{Ms}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]		[€]
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	0	0	0
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	3803	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		761	

La valutazione dell'incentivo è stata eseguita secondo quanto previsto dal regolamento del Conto Termico 2.0. In questo caso l'incentivo totale è rappresentato dalla somma dei singoli interventi, calcolati secondo quanto riportato nelle singole EEM.

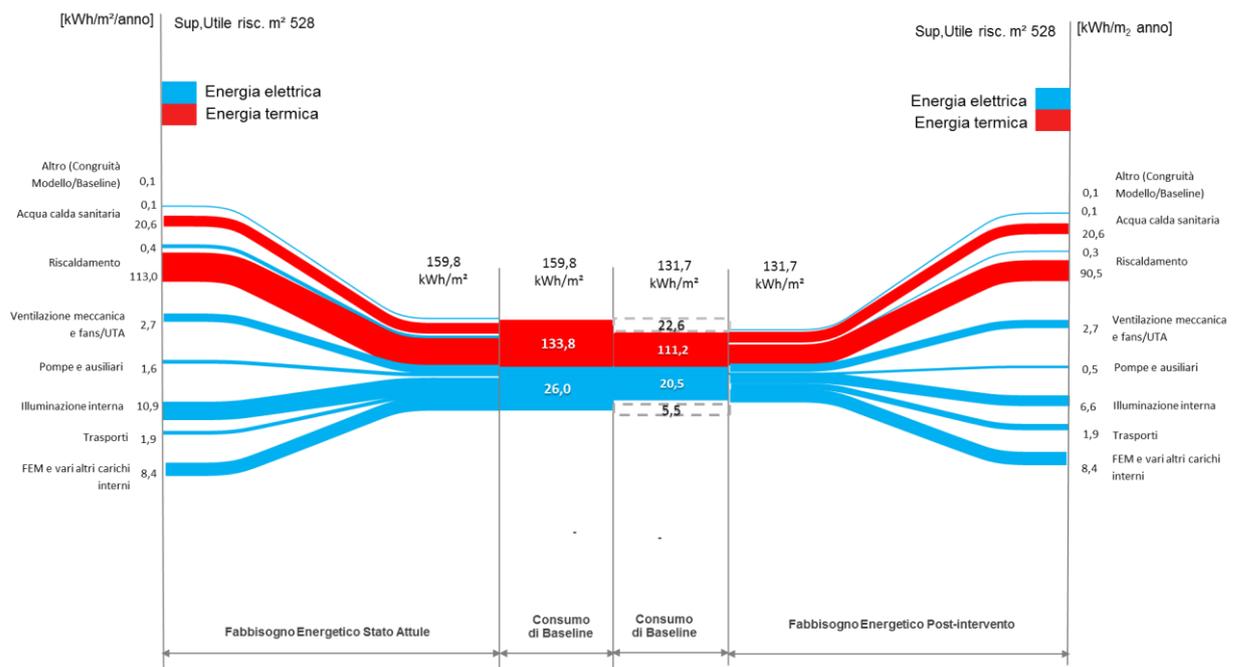
A seguito della modellazione dello scenario ottimale è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che si hanno migliori rendimenti di utilizzazione degli impianti grazie alla regolazione ambiente.

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



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11.

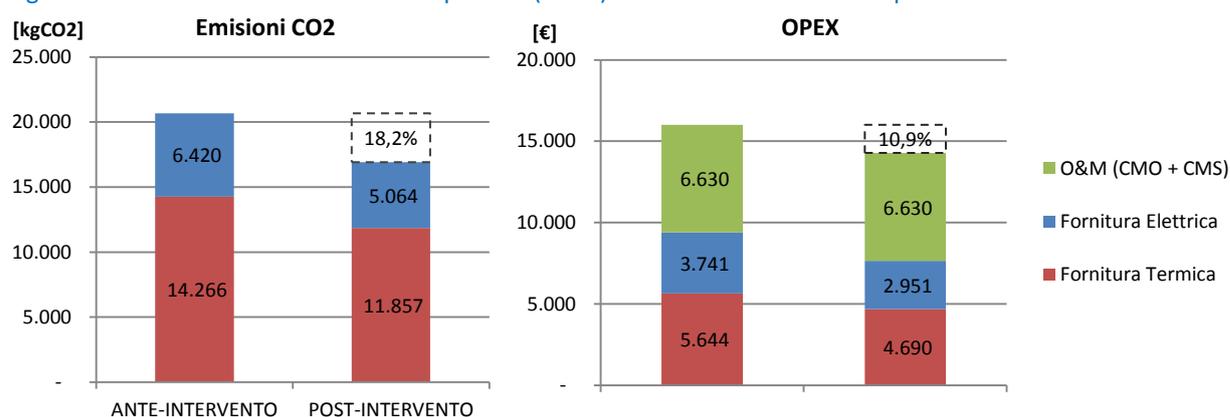
Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – TRS <15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM3 - Rendimento regolazione	%	79	99	25,3%
EM4 - Energia assorbita	kWhe	5889	3548	39,8%
Q _{teorico}	[kWh]	70.574	58.653	16,9%
EE _{teorico}	[kWh]	14.095	11.117	21,1%
Q _{baseline}	[kWh]	70.626	58.696	16,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	13.748	10.844	21,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	14.266	11.857	16,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.420	5.064	21,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.687	16.921	18,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.644	4.690	16,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.741	2.951	21,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.385	7.641	18,6%
C _{MO}	[€]	5.237	5.237	0,0%
C _{MS}	[€]	1.392	1.392	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.630	6.630	0,0%
OPEX	[€]	16.015	14.271	10,9%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



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

Nell’elaborazione del PEF non è stato possibile prevedere un margine di riduzione della spesa per la PA durante la gestione dell’investimento, resta comunque un buon margine alla fine del periodo.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_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	6
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 9.506
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 285
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 9.791
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 7.833
Equity	I_E	€ 1.958
Fattore di annualità Debito	FA_D	5,35
Rata annua debito	q_D	€ 1.463
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 8.777
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 944

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{Eo}	€ 7.693
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{Mo}	€ 5.434
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 13.127
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	18,6%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 627
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 131
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 19.174
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 1.712
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	17,57%

Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	123
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	67
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	305
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	5.642
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	6.858
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	12.500
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	496
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	12.996
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	1.714
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_b	€	3.803
Durata Incentivi, anni	n_b		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,07
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,93
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 1.084
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	7,33%
Indice di Profitto	IP	11,41%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	3,41
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	4,61
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 795
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	23,43%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,147
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,273
Indice di Profitto Azionista	IP	8,36%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



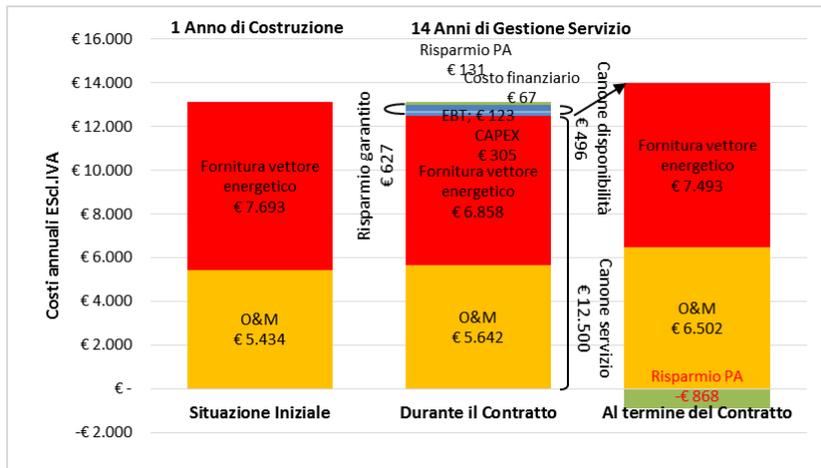
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

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

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: TRS < 25 ANNI

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

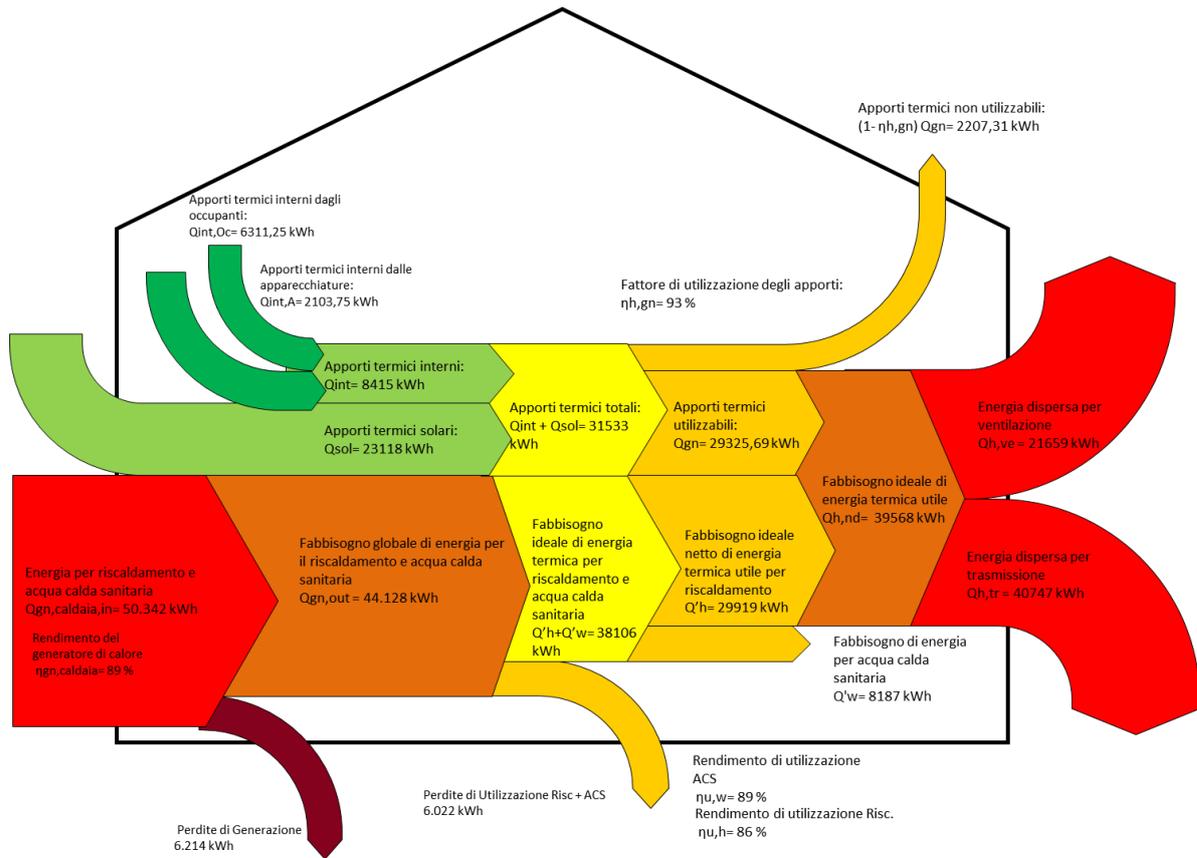
Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 FPO cappotto interno	16861	3709	20571
EEM3 FPO valvole termostatiche e inverter	4186	921	5107
EEM4 FPO lampade LED	2898	638	3535
Costi per la sicurezza	718	158	876
Costi per la progettazione	1676	369	2045
TOTALE (I₀)	26339	5795	32134
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	0	0	0
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	12854	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		2571	

La valutazione dell'incentivo è stata eseguita secondo quanto previsto dal regolamento del Conto Termico 2.0. In questo caso l'incentivo totale è rappresentato dalla somma dei singoli interventi, calcolati secondo quanto riportato nelle singole EEM.

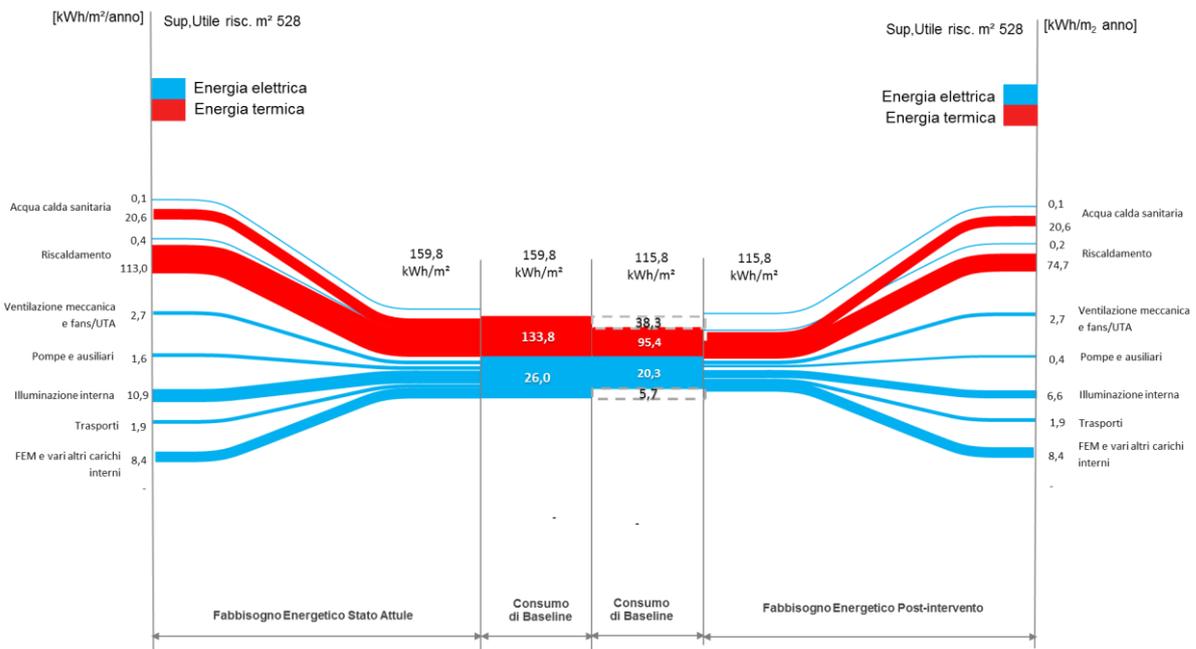
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



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

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



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

Nell’analisi costi-benefici, è stata ipotizzata una riduzione dei costi di manutenzione, imputabili alle chiamate occasionali di regolazione dell’impianto termico, grazie sia ai minori fabbisogni termici dovuti ad un involucro più performante, sia alla regolazione centralizzata delle temperature dei singoli radiatori che consentono di ridurre lo sbilanciamento dell’impianto stesso. Di tale riduzione si è tenuto conto nella valutazione finanziaria dello scenario.

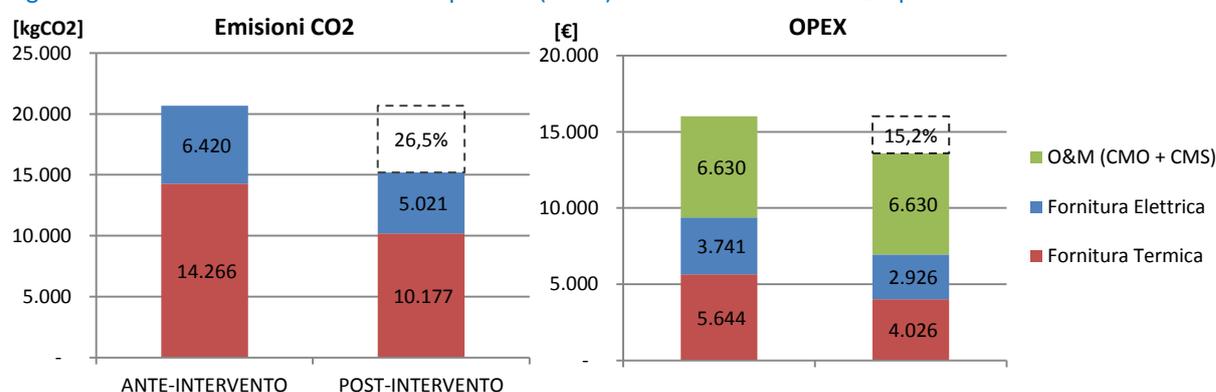
Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – TRS <25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM2 - Trasmittanza media pareti	[W/m ² K]	1,2	0,69	42,5%
EM3 - Rendimento regolazione	%	79	99	25,3%
EM4 - Energia assorbita	kWhe	5889	3548	39,8%
Q _{teorico}	[kWh]	70.574	50.342	28,7%
EE _{teorico}	[kWh]	14.095	11.022	21,8%
Q _{baseline}	[kWh]	70.626	50.379	28,7%
EE _{baseline}	[kWh]	13.748	10.751	21,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	14.266	10.177	28,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.420	5.021	21,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.687	15.197	26,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.644	4.026	28,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.741	2.926	21,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.385	6.951	25,9%
C _{MO}	[€]	5.237	5.237	0,0%
C _{MS}	[€]	1.392	1.392	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.630	6.630	0,0%
OPEX	[€]	16.015	13.581	15,2%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,272 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



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

I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Nell'elaborazione del PEF non è stato possibile prevedere un margine di riduzione della spesa per la PA durante la gestione dell'investimento, resta comunque un buon margine alla fine del periodo.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_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	18
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 32.134
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 964
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 33.098
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 26.478
Equity	I_E	€ 6.620
Fattore di annualità Debito	FA _D	13,00
Rata annua debito	q_D	€ 2.036
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 36.650
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D = $q_D * n_D - D$	€ 10.171

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 7.693
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 5.434
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 13.127
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	25,9%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 697
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -

E1662 – Asilo nido “Camelot”

Risparmio PA durante la concessione	14%	€	48.782
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	2.687
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		-23,83%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	329
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	424
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	602
Canone O&M €/anno	CnM	€	5.787
Canone Energia €/anno	CnE	€	6.643
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	12.430
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	697
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	13.127
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	5.795
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	12.854
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	10,95
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	12,73
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 2.846
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC	1,68%
Indice di Profitto	IP	-8,86%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	15,98
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,73
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 835
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR < ke	7,01%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,022
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,271
Indice di Profitto Azionista	IP	2,60%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



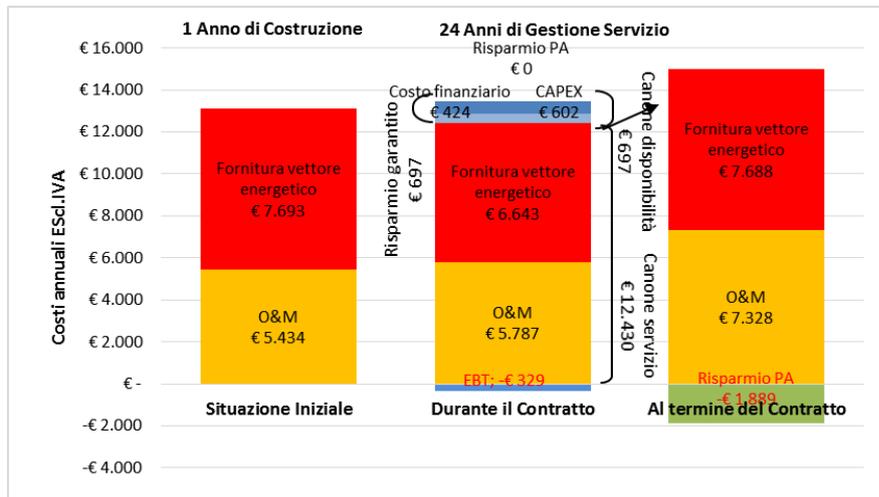
Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

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

Figura 9.20 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract

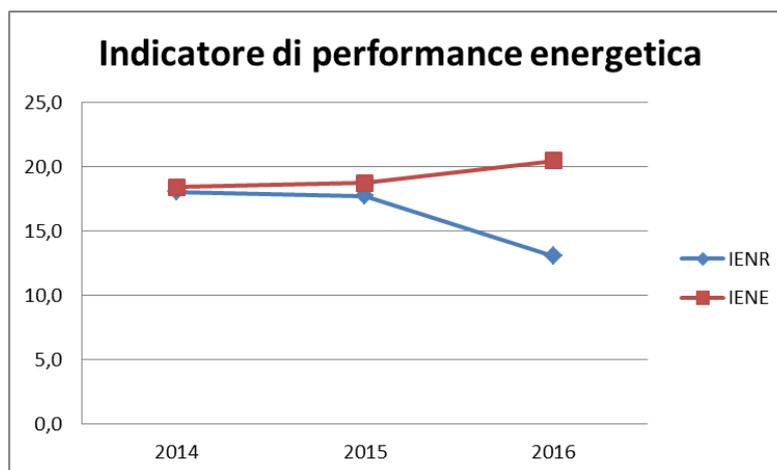


10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

Figura 10.1- Indicatori di performance energetica IEN



In riferimento al modello realizzato in funzionamento standard, così come richiesto per la redazione degli attestati di prestazione energetica, l’edificio oggetto di diagnosi risulta in classe energetica D, 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	239,53	228,26
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	166,58	165,41
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	21,43	21,34
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	6,76	5,45
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	40,08	32,29
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	4,69	3,78
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	47,34	

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

Tabella 10.2– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria 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	187,73	180,19

Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	130,19	129,75
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	21,43	21,34
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	6,76	5,45
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	24,67	19,88
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	4,69	3,78
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	36	

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	161,56	154,12
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	104,02	103,68
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	21,43	21,34
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	6,76	5,45
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	24,67	19,88
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	4,69	3,78
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	31,9	

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

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

Descrizione	Cat. DPR 412	Sup. netta [mq]	Volume lordo [mc]	Ep _{gl} ,nren	U.M.	Classe energetica	Miglioramento
Stato di Fatto				224,5	kWh/m ² anno	D	-
Scenario 1 TRS<15anni	E.7	528,07	2262	176,41	kWh/m ² anno	D	+0 classi
Scenario 2 TRS<25anni				150,34	kWh/m ² anno	C	+1 classe

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

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

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

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

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

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

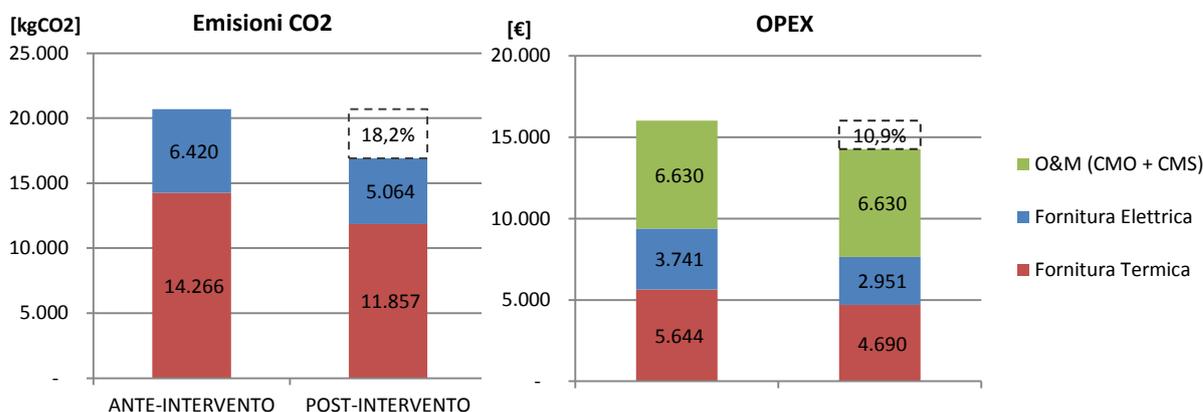
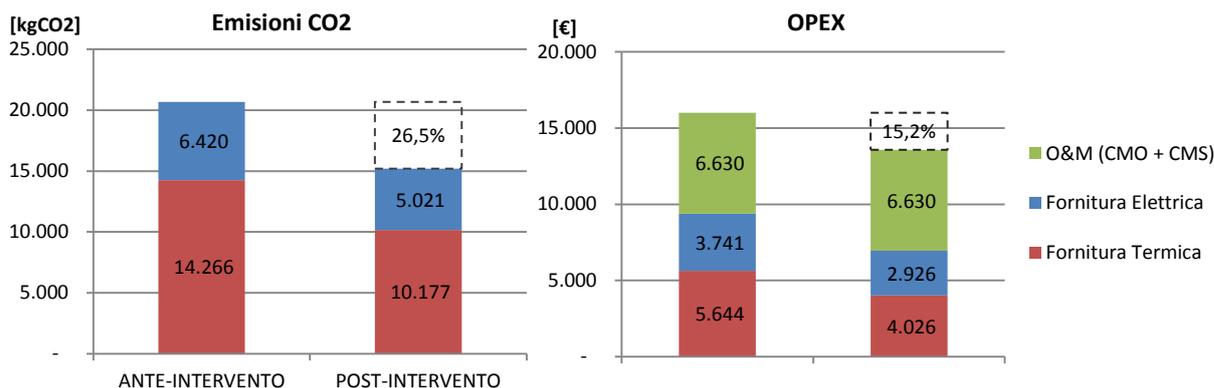


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull'edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque sufficienti risultati sia in termini di riduzione delle emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia. Entrambi gli scenari tuttavia non permettono il salto di due classi energetiche come richiesto dal Fondo Kyoto per l'accesso ai finanziamenti, mentre è raggiungibile con il secondo scenario. Non è stato possibile inserire negli scenari la coibentazione della copertura in quanto l'analisi economico-finanziaria non garantiva margini di convenienza.

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

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi relativi alle coibentazioni degli involucri edilizi tra di loro e nemmeno con l'intervento di regolazione dell'impianto termico.

Le proposte presentate possono essere realizzate con un unico cantiere nel periodo di chiusura estiva della scuola, al fine di non creare interferenze o disturbi alle normali lezioni. Gli interventi di installazione delle valvole termostatiche e la sostituzione del circolatore esistente con uno a inverter

deve avvenire fuori dal periodo di riscaldamento, poiché i lavori richiedono una momentanea interruzione del funzionamento dell’impianto termico.

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l’edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell’energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l’installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sul quadro elettrico generale; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l’installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, estrattore, etc), consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell’energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura. Essendo i consumi termici più rilevanti dovuti alla sola climatizzazione invernale, sarebbe sufficiente l’installazione di un sistema di contabilizzazione del calore composto da un misuratore di portata e da una coppia di sonde di temperatura. In questo modo sarebbe possibile confrontare il consumo di gas naturale derivante dalle letture al contatore con la produzione di energia termica generata in centrale. Per entrambe le soluzioni di misura dei fabbisogni energetici esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

10.3 RACCOMANDAZIONI

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

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	<p>In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.</p> <p>Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.</p>
Apparecchiature elettriche	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.	<p>Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell’edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell’uscita del personale o programmare adeguatamente il temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l’alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all’interno dell’edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l’uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
		<p>energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p>
Climatizzazione	<p>Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.</p> <p>Corretta regolazione delle centraline climatiche</p> <p>Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p> <p>Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</p> <p>Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.</p> <p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da</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> <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>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>eventuali ostruzioni.</p> <p>Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.</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>Eseguire 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 poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.</p>

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in discrete condizioni, almeno per quanto riguarda le aree utilizzate della struttura. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all'impianto termico o all'involucro edilizio se non per spifferi attraverso la porta d'ingresso che fanno percepire un certo discomfort termico al personale che sosta nella zona d'ingresso.

La struttura risale a metà degli anni cinquanta, probabilmente con qualche ristrutturazione successiva non meglio documentata, mentre gli infissi sono stati sostituiti circa 10 anni fa, motivo per cui non risulta conveniente la loro sostituzione.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni.

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

Entrambi gli scenari di riqualificazione presentati risultano economicamente accettabili, ma non permettono di attingere al Fondo Kyoto per il non superamento di due classi energetiche.



ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita dalla committenza	03/08/2018	DE_Lotto.1_E1662_revA-AllegatoA-Elenco doc committenza
Elenco fatture vettori energetici	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoA-Elenco fatture

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Planimetrie ubicazione impianti, contatori, zone termiche, misure, etc.	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoB-Planimetrie
Dettaglio calcoli	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revB-AllegatoB-Grafici_Template
Analisi fatture energia elettrica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoB-Analisi fatture_EE
Analisi fatture gas	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoB-Analisi fatture_GAS
Schema a blocchi impianto elettrico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoB-Schema a blocchi elettrico
Schema impianto termico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoB-Schema impianto termico
Visura catastale	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoB-Visura catastale

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Relazione analisi termografica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoC-Report termografico



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

	Titolo	Data	Nome file
1	Report indagini strumentali	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoD-Report strumentali.docx

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli modello energetico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoE-Relazione dettaglio calcoli



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione CTI Edilclima	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoF-CertCTI



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di Prestazione Energetica dello Stato di Fatto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoG-APE SDF

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Scenario 15 anni	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoH-APE SCN1
Bozza APE Scenario 25 anni	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoH-APE SCN2



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici reali - stazione meteo Centro Funzionale	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoI-GGreali Centro funzionale



ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede Audit Livello II AICARR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoJ-Schede di Audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
A2.5 - Chiusure verticali opache-coibentazione dall'interno con pannelli	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revA-AllegatoK-A2.5_Cappotto interno
A3.4 - Partizioni orizzontali - isolamento all'intradosso con pannelli	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revA-AllegatoK-A3.4_ isolamento intradosso copertura
H15 - Installazione di pompe a portata variabile	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revA-AllegatoK-H15_Pompe inverter
H16 - Installazione valvole termostatiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revA-AllegatoK-H16_valvole termostatiche
L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revA-AllegatoK-L1_Illuminazione

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario due scenari	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoL-AnalisiPEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1662_revA-AllegatoM-Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM